

ESTADO DO MARANHÃO

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO MARANHÃO



PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO MARANHÃO



PRODUTO 02: DIAGNÓSTICO, PROGNÓSTICO, CENÁRIOS

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas





JANEIRO DE 2019

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO MARANHÃO

Produto 02: Diagnóstico, Prognóstico, Cenários

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4)
Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO
Flávio Dino de Castro e Costa
Governador

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS – SEMA
Diego Fernando Mendes Rolim
Secretário de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais
Presidente do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH

Rafael Ferreira Maciel
Secretário Adjunto de Licenciamento - SAL/SEMA
Vice Presidente CONERH

Ana Cristina Cardoso dos Santos Fontoura
Secretária Executiva do CONSEMA/CONERH/CONGEFEMA

Victor Lamarão de França
Superintendente de Recursos Hídricos - SPR.RH/SAL/SEMA

Hugo Fernando Silva e Silva
Supervisor de Gestão e Planejamento - SPR.RH/SAL/SEMA

Helen Roberta Silva
Supervisora de Outorga, Cobrança e Fiscalização - SPR.RH/SAL/SEMA

Gabriel Silva dos Santos
Supervisora de Gestão Participativa - SPR.RH/SAL/SEMA

© 2020 Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução de dados e de informações contidas nesta publicação, desde que citada a fonte.

EQUIPE TÉCNICA DA IBI ENGENHARIA CONSULTIVA S/S
Coordenação Técnica
Hypérides Pereira de Macedo
Maria Vilalba Alves de Macedo
Iuri José Alves de Macedo

Equipe Técnica
Ticiana Marinho de Carvalho Studart
Dorian Ponte Lima
Laurence José Alves de Macedo
Nadja Girlane Pinto Peixoto
Antônio Hiran Alves de Macedo
Francisco Ananias de Paula Coelho
Lara Bastos Pereira
José Ivo Gonçalves Sousa
Luís Evangelista Ramos Neto
Itabaraci Nazareno Cavalcante
Melina Maria Alves de Macedo
Anny Karolyny Oliveira Portela
Francisco Osny Enéas da Silva
Raimundo Eduardo Silveira Fontenele
Brenda Kelly Sousa Nascimento

EQUIPE TÉCNICA DA SEMA
Diego Fernando Mendes Rolim
Rafael Ferreira Maciel
Victor Lamarão de França
Hugo Fernando Silva e Silva
Gabriel Silva Dos Santos
Helen Roberta Silva Ferreira
Breno Ruiz De Lima Verde Da Silva
Daiane Volff Ferreira
Daniel De Lima Nascimento Sírio
Danilo Torquato De Andrade
Jessica Mayara Silveira De Jesus
Jose Jânio de Castro Lima
Kiara Mesquita de Azevedo Sírio
Larissa Coelho Bonesi
Luciara Ibiá Dos Santos Machado
Luiz Alexandre Brenha Raposo
Nathan Abner Diniz Ramires
Paula Suellen Ferreira Dos Anjos
Rebeca Cristina Nascimento Matos
Stefanny Marques Coqueiro Monteiro
Aurizângela Amaral Silva
Emily Nicolly Santos Aguiar
Pedro Eduardo Marques Machado
Roberta Neves Alcântara
Samyra Yanka Almeida Pinheiro
Joanice Rocha Reis
Vinicius Lima Noleto
Letícia Leite Rolim

EQUIPE DE PESQUISADORES SEMA
Audivan Ribeiro Garcês Júnior
Felipe Freitas Costa
Gisselly Poliana Santos Muniz
Itapotiara Vilas Bôas
Jacenilde Cristina Braga Soareas
Joelson Caco Pereira da Graça
Karina Coqueiro Mendes
Larissa Rodrigues Marques
Luciana da Silva Bastos
Maria Luiza Torres Pires

PARCEIROS INSTITUCIONAIS
CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS
SECRETARIA EXECUTIVA
Ana Cristina Cardoso dos Santos Fontoura
Lennise Maria Passos Portela
Vaniérika Cazé Silva de Andrade
Antônia da Silva e Silva
Hadina Bianca Cutrim Silva
Luisa Helena Waquim Moreira
Sabrina De Sousa Matos

REPRESENTANTES DO PODER PÚBLICO

Diego Fernando Mendes Rolim
Rafael Ferreira Maciel
José de Ribamar Rodrigues Pereira
José Sérgio Delmiro Vale
Afonso Henrique de Jesus Lopes
Wendell dos Santos Monteiro
Norberto Melo Brandão
Jorge Luiz Barbosa Carvalho
Marco Aurélio de Sousa Martins
Cristiane Assunção Martins de Oliveira
Edilson Fernandes Carvalho Branco Sobrinho
Ozenildo José Pereira Correia
Rita de Cássia Neiva Cunha
Marília Franco de Andrade
Claudia Francisca Santos de Sá Brandão
Tainan de Lima Lopes
Adriana Lustosa da Costa
Daniel Martinelli Duarte
Luciano Santos Pinheiro
Ana Rosa Marques
Claudio Rêbelo Correa de Alencar
Luís Fernando Cabral Barreto Junior
Luzenice Macedo Martins
Paulo Ryldon Claudino de Oliveira Costa

SOCIEDADE CIVIL ORGANIZADA

Airton Antelmo de Sousa
Isabella Monteiro Pearce
Antônio Francisco Alves Coelho
Francisco Pereira da Silva
Marcelino Silva Farias Filho
Irene Aguiar Santos
Francisco das Chagas Sousa
Josuel Silvestre Silva
Maria Aparecida de Jesus Medeiros
Arlete Alves de Sousa
Ronald Henrique Gomes Chaves

USUÁRIOS DE ÁGUA

Luís Eduardo Rodrigues Reis
Rogério Albino de Sousa
Milton Santos Campelo da Silva
Francisco Magalhães da Rocha
José Carlos Oliveira de Paula
Juliana Arouche Costa
César Rodrigues Viana
Marcelo José Bueno
Ericka Rocha da Cunha
Ricardo Pereira Alves Mamede

CIP - Catalogação na Publicação

S446p Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão. Produto 02: Diagnóstico, Prognóstico, Cenários. Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4): Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas/Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA – São Luís: SEMA, 2020.

368 p.: il.

1.Recursos Hídricos - Plano. 2. Bases Metodológicas para a Elaboração. Bacia I. Título.

CDU 556:353(812.1)
CDD 551.49812.1

Elaborada por Odivania Sousa Diniz - Bibliotecária - CRB-13/832.

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA
Av. dos Holandeses, n° 04, Quadra 06, Edifício Manhattan, Calhau, São Luís
Maranhão - CEP: 65071-380
https://www.sema.ma.gov.br

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Regiões Hidrográficas do Estado do Maranhão 30
Tabela 1.2 - Estações Fluviométricas Selecionadas 33
Tabela 1.3 - Características hidrológicas das estações fluviométricas com dados do Estado do Maranhão. 35
Tabela 1.4 - Relação das estações climatológicas existentes no Estado do Maranhão 71
Tabela 1.5 - Relação das Estações Climatológicas 71
Tabela 1.6 - Evaporação mensal média na Estação Barra do Corda (mm). 73
Tabela 1.7 - Evaporação mensal média na Estação Caxias (mm). 74
Tabela 1.8 - Evaporação mensal média na Estação São Luís (mm). 74
Tabela 1.9 – Postos pluviométricos selecionados para caracterização do regime de chuvas no Maranhão 75
Tabela 1.10 – Precipitação mensal média na Estação Santa Vitória (mm). 79
Tabela 1.11 – Precipitação mensal média na Estação Aldeias Altas (mm). 79
Tabela 1.12 – Precipitação mensal média na Estação Guimarães (mm). 80
Tabela 1.13 - Barragens existentes no Estado do Maranhão (cadastradas no SNSB) 82
Tabela 1.14 - Curva Cota (m) x Volume (hm³) dos Reservatórios João Santos e Flores. 87
Tabela 1.15 - Postos pluviométricos e estações climatológicas utilizadas no cálculo da evaporação líquida dos reservatórios. 95
Tabela 1.16 - Vazões Afluentes ao Reservatório Flores 96
Tabela 1.17 - Vazões Afluentes ao Reservatório João Santana 98
Tabela 1.18 - Evaporação líquida do lago do reservatório Flores (em mm) 100
Tabela 1.19 - Evaporação líquida do lago do reservatório João Santana (em mm) 100
Tabela 1.20 - Características dos reservatórios simulados 101
Tabela 1.21 - Vazões regularizadas, evaporadas e sangradas dos reservatórios simulados para Garantia anual de 90% 101
Tabela 1.22 - Resumo das características e vazões médias dos postos fluviométricos 103
Tabela 1.23 - Curvas de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Tocantins (m³/s) 105
Tabela 1.24 - Curva de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Gurupi (m³/s) 105
Tabela 1.25 - Curva de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Sistema Maracaçumé (m³/s) 105
Tabela 1.26 - Curva de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas do Sistema Maracaçumé (m³/s) 106
Tabela 1.27 - Curva de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Turiaçu (m³/s) 106
Tabela 1.28 - Curvas de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Munim (m³/s) 106
Tabela 1.29 - Curvas de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Mearim (m³/s) 107
Tabela 1.30 - Curvas de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Itapecuru (m³/s) 107

Tabela 1.31 - Curvas de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Parnaíba (m³/s) 107
Tabela 1.32 - Vazão com nível de permanência igual a 90% para os postos fluviométricos analisados. 108
Tabela 1.33 - Dados utilizados na regionalização das vazões de permanência QP90% 109
Tabela 1.34 - Vazão com nível de permanência igual a 90% para cada bacia ou sistema hidrográfico estadual 112
Tabela 1.35 - Vazão com nível de permanência igual a 90% para cada bacia hidrográfico federal 114
Tabela 1.36 - Lista dos Sistemas Adutores Integrados do Estado do Maranhão 116
Tabela 1.37 - Disponibilidades Hídricas Totais por Bacia Hidrográfica no Estado do Maranhão 120
Tabela 2.1 – Regiões Hidrográficas do Estado do Maranhão 131
Tabela 2.2 - Parâmetros de Qualidade de Água para Formação do IQA e Respectivo Peso 136
Tabela 2.3 - Classificação Adotada para o IQA nos Estados 138
Tabela 2.4 - Classificação do IAP 140
Tabela 2.5 - Classe de estado trófico e suas características principais. 141
Tabela 2.6 - Classificação do Índice de Contaminação por Tóxicos 142
Tabela 2.7 - Classificação do Índice de Balneabilidade 142
Tabela 2.8 - Classificação do IVA 143
Tabela 2.9 - Classes de Qualidade das Variáveis 144
Tabela 2.10 - Pesos dos Parâmetros de Qualidade de Água 144
Tabela 2.11 - Classificação do IQAR 145
Tabela 2.12 - Pesos dos Parâmetros na Composição do IQA4 147
Tabela 2.13 - Resumo dos Pontos e Parâmetros Amostrados na Campanha de Março/Maio/2017 151
Tabela 2.14 - Análise do IQA4 para os Pontos da Campanha de Março a Maio de 2017 155
Tabela 2.15 - Resumo dos Pontos e Parâmetros Amostrados na Campanha de Junho/Julho/2017 159
Tabela 2.16 - Análise do IQA4 para os Pontos da Campanha de Junho/Julho de 2017 162
Tabela 2.17 - Resumo dos Pontos e Parâmetros Amostrados na Campanha de Setembro de 2017 167
Tabela 2.18 - Análise do IQA4 para os Pontos da Campanha de Setembro de 2017 169
Tabela 2.19 - Resumo dos Pontos e Parâmetros Amostrados na Campanha de Dezembro de 2017 172
Tabela 2.20 - Análise do IQA4 para os Pontos da Campanha de Dezembro de 2017 173
Tabela 2.21 - Resumo dos Pontos e Parâmetros Amostrados na Campanha de Março e Abril de 2018 175
Tabela 2.22 - Análise do IQA4 para os Pontos da Campanha de Março e Abril de 2018 177
Tabela 2.23 - Pontos com Qualidade de Água Classificada como Ruim em Pelo Menos 1 Amostragem 181
Tabela 2.24 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7164-I-1 184
Tabela 2.25 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7194-I-1 185
Tabela 2.26 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7162-I-9 187

Tabela 2.27 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7162-I-36 187
Tabela 2.28 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7163-I-2 188
Tabela 2.29 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7162-I-1 189
Tabela 2.30 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7194-I-2 190
Tabela 2.31 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-I-33 191
Tabela 2.32 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-I-11 192
Tabela 2.33 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-I-6 193
Tabela 2.34 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-R-27 194
Tabela 2.35 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-I-42 195
Tabela 2.36 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7162-I-26 196
Tabela 2.37 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7192-R-12 197
Tabela 2.38 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7192-I-9 197
Tabela 2.39 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-I-45 198
Tabela 2.40 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7162-I-4 199
Tabela 2.41 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7165-I-5 200
Tabela 2.42 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7182-I-1 201
Tabela 2.43 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7185-I-3 202
Tabela 2.44 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7195-R-3 203
Tabela 2.45 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7196-R-3 203
Tabela 3.1 - Regiões hidrográficas do Estado do Maranhão. 209
Tabela 3.2 - Poços tubulares do Estado do Maranhão cadastrados no SIAGAS (01/10/2018). 229
Tabela 3.3 - Valores anômalos de nível estático no Estado do Maranhão 231
Tabela 3.4 - Profundidades de poços tubulares consideradas anômalas no Maranhão 232
Tabela 3.5 - Natureza dos pontos d`água por bacia hidrográfica no Estado do Maranhão 236
Tabela 3.6 - Período de instalação dos poços tubulares no Estado do Maranhão 236
Tabela 3.7 - Situação dos poços por bacia hidrográfica no Estado do Maranhão 237
Tabela 3.8 - Sistemas de bombeamento instalados nos poços no Estado do Maranhão 238
Tabela 3.9 - Direcionamento do uso das águas subterrâneas no Estado do Maranhão 240
Tabela 3.10 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia do Gurupi 241
Tabela 3.11 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia de Gurupi 241
Tabela 3.12 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia do Gurupi 244
Tabela 3.13 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia das Ilhas Maranhenses 245
Tabela 3.14 – Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia das Ilhas Maranhenses 248
Tabela 3.15 - Áreas de ocorrência aflorante dos sistemas hidrogeológicos na Bacia do Itapecuru 261
Tabela 3.16 - Dados de profundidade de poços, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia do Itapecuru 261
Tabela 3.17 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia do Itapecuru 263

Tabela 3.18 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia Litoral Ocidental 264
Tabela 3.19 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Litoral Ocidental..... 267
Tabela 3.20 - Dados de nível estático e vazão por aquífero na Bacia Litoral Ocidental 267
Tabela 3.21 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia Maracaçumé 268
Tabela 3.22 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Maracaçumé..... 268
Tabela 3.23 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia do Mearim 271
Tabela 3.24 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea da Bacia do Mearim..... 274
Tabela 3.25 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia Mearim 275
Tabela 3.26 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia do Munim 276
Tabela 3.27 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Munim 279
Tabela 3.28 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia Munim 279
Tabela 3.29 - Áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos aflorantes na Bacia do Parnaiba..... 280
Tabela 3.30 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia do Parnaíba 283
Tabela 3.31 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia do Parnaíba..... 284
Tabela 3.32 - Áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos aflorantes na Bacia Periá..... 287
Tabela 3.33 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Periá. 287
Tabela 3.34 - Dados de nível estático e vazão por aquífero na Bacia Periá 288
Tabela 3.35 - Áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos aflorantes na Bacia Preguiças 288
Tabela 3.36 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Preguiças..... 291
Tabela 3.37 - Dados de nível estático e vazão por aquífero na Bacia Preguiças 291
Tabela 3.38 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia Tocantins..... 292
Tabela 3.39 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Tocantins 295
Tabela 3.40 - Dados de nível estático e vazão por aquífero na Bacia Tocantins..... 296
Tabela 3.41 - Áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos aflorantes na Bacia Turiaçu 299
Tabela 3.42 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Turiaçu..... 299
Tabela 3.43 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia Turiaçu 300

Tabela 3.44 - Definição das Classes de Produtividade dos Aquíferos (Struckmeir e Margat, 1995). 303
Tabela 3.45 - Produtividade das unidades hidrogeológicas no Estado do Maranhão. 304
Tabela 3.46 - Volume pluviométrico precipitado e infiltrado para sub-superfície no Estado do Maranhão 308
Tabela 3.47 - Reservas e recursos hídricos subterrâneos explotáveis por bacia hidrográfica no Maranhão 313
Tabela 3.48 – Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Gurupi – Estado do Maranhão 315
Tabela 3.49 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia das Ilhas Maranhenses – Estado do Maranhão 316
Tabela 3.50 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Itapecuru – Estado do Maranhão 317
Tabela 3.51 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Litoral Ocidental – Estado do Maranhão..... 318
Tabela 3.52 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Maracaçumé – Estado do Maranhão 318
Tabela 3.53 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Mearim – Estado do Maranhão 319
Tabela 3.54 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Munim – Estado do Maranhão 320
Tabela 3.55 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Parnaíba – Estado do Maranhão 321
Tabela 3.56 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Periá – Estado do Maranhão 322
Tabela 3.57 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Preguiças – Estado do Maranhão 323
Tabela 3.58 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Tocantins – Estado do Maranhão 324
Tabela 3.59 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Turiaçu – Estado do Maranhão 325
Tabela 3.60 – Resumo de Reservas e Potencialidade Hídricas do Aquífero do Maranhão. 326
Tabela 3.61 - Disponibilidades de águas subterrâneas produzidas por poços tubulares nas bacias hidrográficas do Maranhão..... 328
Tabela 3.62 - Disponibilidades de águas subterrâneas produzidas por poços tubulares nas bacias maranhenses 329
Tabela 4.1 - Dados de pH e condutividade elétrica para as bacias hidrográficas do Estado do Maranhão 342
Tabela 4.2 - Dados de pH e condutividade elétrica por sistema aquífero do Estado do Maranhão. 342

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Divisão Hidrográfica do Estado do Maranhão 29
Figura 1.2 - Localização dos Postos Fluviométricos Selecionados do Estado do Maranhão. 32
Figura 1.3 - Vazão Específica nos Postos Fluviométricos do Estado do Maranhão 37
Figura 1.4 - Coeficiente de Variação das Vazões nos Postos Fluviométricos do Estado do Maranhão 39
Figura 1.5 - Coeficiente de Escoamento nos Postos Fluviométricos do Estado do Maranhão 40
Figura 1.6 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Gurupi 41
Figura 1.7 - Vazões Médias Mensais – Estação Fazenda Rural Zebu (32540000) 42
Figura 1.8 - Diagrama Unifilar do Sistema Maracaçumé 43
Figura 1.9 - Vazões Médias Mensais – Estação Maracaçumé (32740000) 43
Figura 1.10 - Diagrama Unifilar da Bacia do rio Turiaçu 44
Figura 1.11 - Vazões Médias Mensais – Estação Alto Turi (32830000) 45
Figura 1.12 - Vazões Médias Mensais – Estação BR-316/Rio Paraná (32830000) 45
Figura 1.13 - Diagrama Unifilar da Bacia do rio Mearim 46
Figura 1.14 - Vazões Médias Mensais – Estação Fazenda Remanso (33205000) 47
Figura 1.15 - Vazões Médias Mensais – Estação Rio Corda II (33215000) 47
Figura 1.16 - Vazões Médias Mensais – Estação Flores (33277000) 48
Figura 1.17 - Vazões Médias Mensais – Estação Barra do Corda (33250000) 48
Figura 1.18 - Vazões Médias Mensais – Estação Santa Vitória (33260000) 49
Figura 1.19 - Vazões Médias Mensais – Estação Pedreiras II (33281000) 49
Figura 1.20 - Vazões Médias Mensais – Estação Luiz Gonzaga (33281000) 50
Figura 1.21 - Vazões Médias Mensais – Estação Bacabal (33290000) 50
Figura 1.22 - Vazões Médias Mensais – Estação Fortaleza (33330000) 51
Figura 1.23 - Vazões Médias Mensais – Estação Grajaú II (33321000) 51
Figura 1.24 - Vazões Médias Mensais – Estação Fazenda Sabesa (33365000) 52
Figura 1.25 - Vazões Médias Mensais – Estação Aratoí Grande (33380000) 52
Figura 1.26 - Vazões Médias Mensais – Estação Vale do Pindaré (33025000) 53
Figura 1.27 - Vazões Médias Mensais – Estação Esperantina (33170000) 53
Figura 1.28 - Vazões Médias Mensais – Estação Alto Alegre (33080000) 54
Figura 1.29 - Vazões Médias Mensais – Estação Pindaré-Mirim (33190000) 54
Figura 1.30 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Itapecuru 55
Figura 1.31 - Vazões Médias Mensais – Estação São Felinho (33410000) 56
Figura 1.32 - Vazões Médias Mensais – Estação Mirador (33420000) 56
Figura 1.33 - Vazões Médias Mensais – Estação Campo Largo (33450000) 56
Figura 1.34 - Vazões Médias Mensais – Estação Porto do Lopes (33460000) 57
Figura 1.35 -Vazões Médias Mensais – Estação Colinas (33480000) 57
Figura 1.36 - Vazões Médias Mensais – Estação Mendes (33520000) 58
Figura 1.37 - Vazões Médias Mensais – Estação Fazenda Sobral (33520000) 58

Figura 1.38 - Vazões Médias Mensais – Estação Montevidéu (33530000)..... 59
Figura 1.39 - Vazões Médias Mensais – Estação Caxias (33550000)..... 60
Figura 1.40 - Vazões Médias Mensais – Estação Codó (33590000) 60
Figura 1.41 - Vazões Médias Mensais – Estação Coroatá (33630000) 61
Figura 1.42 -Vazões Médias Mensais – Estação Catanhede (33680000)..... 61
Figura 1.43 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Munim..... 62
Figura 1.44 - Vazões Médias Mensais – Estação Munim (33730000) 62
Figura 1.45 - Vazões Médias Mensais – Estação Bonsucesso (33750000)..... 63
Figura 1.46 - Vazões Médias Mensais – Estação São Benedito (33760000) 63
Figura 1.47 - Vazões Médias Mensais – Estação Nina Rodrigues (33780000)..... 63
Figura 1.48 - Vazões Médias Mensais – Estação Goiatins (23250000) 64
Figura 1.49 - Vazões Médias Mensais – Estação Nina Rodrigues (23300000)..... 65
Figura 1.50 - Diagrama Unifilar da Bacia do Parnaíba..... 66
Figura 1.51 - Vazões Médias Mensais – Estação Balsas (34130000) 67
Figura 1.52 - Vazões Médias Mensais – Estação Neves/BR-230 (34145000) 67
Figura 1.53 - Vazões Médias Mensais – Estação São Feliz de Balsas (34170000)..... 67
Figura 1.54 - Vazões Médias Mensais – Estação Alto Parnaíba (34020000)..... 68
Figura 1.55 - Vazões Médias Mensais – Estação Medonho (34030000)..... 68
Figura 1.56 - Vazões Médias Mensais – Estação Fazenda Paracati (34040000)..... 69
Figura 1.57 - Vazões Médias Mensais – Estação Paracati II (34040500) 69
Figura 1.58 - Vazões Médias Mensais – Estação Barão do Grajaú (34311000) 70
Figura 1.59 - Mapa da Localização das Estações Climatológicas do Estado do Maranhão.... 72
Figura 1.60 - Evaporação média mensal em Barra do Corda. 73
Figura 1.61 - Evaporação média mensal em Caxias 74
Figura 1.62 - Evaporação média mensal em São Luís. 74
Figura 1.63 - Mapa de precipitação do Estado do Maranhão 78
Figura 1.64 - Precipitação média mensal na Estação Santa Vitória..... 79
Figura 1.65 – Precipitação média mensal na Estação Aldeias Altas 80
Figura 1.66 – Precipitação média mensal na Estação Guimarães..... 80
Figura 1.67 - Localização das Barragens do Estado do Maranhão..... 85
Figura 1.68 - Curva Cota (m) x Volume (hm³) sintética do Reservatório João Santana. 87
Figura 1.69 - Curva Cota (m) x Volume (hm³) sintética do Reservatório Flores. 88
Figura 1.70 - Delimitação da Bacia Hidrográfica da Barragem Flores 91
Figura 1.71 – Delimitação da Bacia Hidrográfica da Barragem João Santos..... 92
Figura 1.72 - Equações utilizadas para estimar a probabilidade empírica da vazão..... 103
Figura 1.73 - Regionalização da vazão com 90% de permanência para o rio Munim..... 110
Figura 1.74 - Regionalização da vazão com 90% de permanência para o rio Parnaíba 110
Figura 1.75 - Regionalização da vazão com 90% de permanência para as bacias do rio Maracaçumé e Turiaçu..... 111
Figura 1.76 - Localização dos Sistemas Adutores Existentes no Estado do Maranhão..... 117
Figura 1.77 - Esquema do Sistema Integrado de São Luís 119
Figura 2.1 - Rede de Monitoramento de Qualidade de Água Superficial no Maranhão..... 127
Figura 2.2 - Divisão Hidrográfica do Estado do Maranhão..... 130

Figura 2.3 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA. 137
Figura 2.4 - Classificação da Qualidade da Água para a Campanha de Março a Maio de 2017 150
Figura 2.5 - Classificação da Qualidade da Água para a Campanha de Junho a Julho de 2017 165
Figura 2.6 - Localização dos Pontos e Qualidade da Água para a Campanha de Junho a Julho de 2017 165
Figura 2.7 - Classificação da Qualidade da Água para a Campanha de Setembro de 2017 166
Figura 2.8 - Localização dos Pontos e Qualidade da Água para a Campanha de Setembro de 2017 171
Figura 2.9 - Classificação da Qualidade da Água para Campanha de Dezembro de 2017 174
Figura 2.10 - Localização dos Pontos e Qualidade da Água para a Campanha de Dezembro de 2017 174
Figura 2.11 - Classificação da Qualidade da Água para Campanha de Março e Abril de 2018 179
Figura 2.12 - Localização dos Pontos e Qualidade da Água para a Campanha de Março e Abril de 2018 179
Figura 2.13 - Localização dos Pontos com pelo menos 1 Amostra de Água Classificada como Ruim 182
Figura 2.14 - Localização do Ponto MA-7164-I-1: Anapurus, Bacia do Munin 183
Figura 2.15 - Ponto MA-7194-I-1: Primeira Cruz, Bacia do Periá 184
Figura 2.16 - Região de Planejamento do Pindaré 186
Figura 2.17 - Localização dos Pontos em Monção, Bacia do Pindaré 186
Figura 2.18 - Arari, bacia do Rio Mearim: Ponto MA-7163-I-2 188
Figura 2.19 - Cajari, bacia do Pindaré/Mearim, Ponto MA-7162-I-1 189
Figura 2.20 - Humberto de Campos, bacia do Periá, Ponto MA-7194-I-2 190
Figura 2.21 - Alcântara, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental, Ponto MA-715-I-33 191
Figura 2.22 - Bequimão, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental, Ponto MA-715-I-11 192
Figura 2.23 - Pinheiro, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental, Ponto MA-715-I-6 193
Figura 2.24 - Bacuri, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental, Ponto MA-715-R-27 194
Figura 2.25 - São Luís, Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses, Pontos MA-715-I-42 e MA-7162-I-26 195
Figura 2.26 - Chapadinha, bacia do Rio Periá, Pontos MA-7192-R-12 e MA-7192-I-9 196
Figura 2.27 - Paço do Lumiar, Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses, Ponto MA-715-I-45 198
Figura 2.28 - Alto Alegre do Pindaré, bacia do Rio Mearim, Ponto MA-7162-I-4 199
Figura 2.29 - Bacabal, bacia do Rio Mearim, Ponto MA-7165-I-5 200
Figura 2.30 - Alto Alegre do Maranhão, Bacia do Rio Itapecuru, Ponto MA-7182-I-1 201
Figura 2.31 - São Mateus do Maranhão, Bacia do Rio Mearim, Ponto MA-7185-I-3 202
Figura 2.32 - Barreirinhas, bacia do Rio Preguiças, Pontos MA-7195-R-3 e MA-7196-R-3 203
Figura 2.33 - Classificação da Qualidade da Água nas 378 Amostras 204
Figura 3.1 - Isópacas totais de sedimentos na Bacia Hidrogeológica do Parnaíba (LEITE, (2018) adaptado de Campos, 1964). 221

Figura 3.2 - Perfil geológico a partir dos perfis litológicos de poços ilustrando a configuração hidrogeológica do Vale do Rio Gurguéia - PI, entre Cristino Castro (A-SW) e Aliança do Gurguéia (A`- NE), Piauí (FEITOSA, 1990). 227
Figura 3.3 - Mapa do nível estático (m) das águas subterrâneas 230
Figura 3.4 - Mapa da profundidade (m) dos poços do Estado do Maranhão 233
Figura 3.5 - Mapa da vazão (m /h) das águas subterrâneas do Estado do Maranhão 235
Figura 3.6 - Período de instalação dos poços tubulares no Estado do Maranhão 237
Figura 3.7 – Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia do Gurupi 242
Figura 3.8 – Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia do Gurupi 243
Figura 3.9 – Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Ilhas Maranhenses 246
Figura 3.10 – Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Ilhas Maranhenses 247
Figura 3.11 - Localização dos poços na Bacia das Ilhas Maranhenses 249
Figura 3.12 - Finalidade das águas subterrâneas no município de São Luís 249
Figura 3.13 - Posicionamento do nível estático dos poços do município de São Luís 250
Figura 3.14 - Profundidades dos poços do município de São Luís 250
Figura 3.15 - Aquíferos captados pelos poços tubulares no município de São Luís 251
Figura 3.16 - Vazões dos poços tubulares no município de São Luís 251
Figura 3.17 - Variação de profundidade do nível dinâmico nos poços do município de São Luís. 252
Figura 3.18 - Finalidade das águas captadas no município de São José de Ribamar 252
Figura 3.19 - Nível estático das águas subterrâneas do município de São José de Ribamar 253
Figura 3.20 - Profundidades dos poços no município de São José de Ribamar 253
Figura 3.21 - Aquíferos captados no município de São José de Ribamar 254
Figura 3.22 - Nível dinâmico em poço do município de São José de Ribamar 254
Figura 3.23 - Vazões dos poços no município de São José de Ribamar 255
Figura 3.24 - Finalidade das águas captadas no município de Paço do Lumiar 255
Figura 3.25 - Nível estático das águas subterrâneas do município de Paço do Lumiar 256
Figura 3.26 - Profundidades dos poços do município de Paço do Lumiar 257
Figura 3.27 - Aquíferos captados no município de Paço do Lumiar 257
Figura 3.28 - Vazões dos poços do município de Paço do Lumiar 258
Figura 3.29 – Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia do Itapecuru 259
Figura 3.30 - Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia do Itapecuru 260
Figura 3.31 - Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Litoral Ocidental 265
Figura 3.32 - Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Litoral Ocidental 266
Figura 3.33 - Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Maracaçumé 269
Figura 3.34 - Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Maracaçumé 270
Figura 3.35 - Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Mearim 272
Figura 3.36 - Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Mearim 273
Figura 3.37 - Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Munim 277
Figura 3.38 - Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Munim 278
Figura 3.39 - Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Parnaíba 281
Figura 3.40 - Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Parnaíba 282
Figura 3.41 - Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Periá 285

Figura 3.42 - Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Periá 286
Figura 3.43 - Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Preguiças 289
Figura 3.44 - Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Preguiças 290
Figura 3.45 - Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Tocantins 293
Figura 3.46 - Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Tocantins 294
Figura 3.47 - Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Turiaçú 297
Figura 3.48 - Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Turiaçú 298
Figura 3.49 - Classificação da produtividade aquífera no Estado do Maranhão 305
Figura 3.50 - Classificação das reservas e recursos explotáveis hídricos subterrâneos 307
Figura 4.1 - Área com pontos da coleta de água subterrânea para a pesquisa de Azevedo al (2016) em cidades da Região Metropolitana de São Luís - MA 335
Figura 4.2 – Mapa de Concentração de pH nas Águas Subterrâneas 338
Figura 4.3 – Mapa de Concentração de CE nas Águas Subterrâneas 340
Figura 4.4 - Odor das águas subterrâneas na Bacia das Ilhas Maranhenses. 343
Figura 4.5 - Aspecto da cor das águas subterrâneas da Bacia das Ilhas Maranhenses 344
Figura 4.6 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas na Bacia das Ilhas Maranhenses 344
Figura 4.7 - pH das águas subterrâneas na Bacia das Ilhas Maranhenses 345
Figura 4.8 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas na Bacia do Itapecuru 346
Figura 4.9 - pH das águas subterrâneas da Bacia do Itapecuru 346
Figura 4.10 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas da Bacia do Mearim 348
Figura 4.11 - Temperaturas das águas subterrâneas da Bacia do Munim 349
Figura 4.12 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas da Bacia do Munim 349
Figura 4.13 - pH das águas subterrâneas da Bacia do Parnaíba 350
Figura 4.14 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas da Bacia do Parnaíba 351
Figura 4.15 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas da Bacia do Preguiças 352
Figura 4.16 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas da Bacia do Tocantins 352
Figura 4.17 - pH das águas subterrâneas da Bacia do Tocantins 353

SUMÁRIO

1. DIAGNÓSTICO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUPERFICIAIS 27
1.1. Introdução 27
1.1.1. Organização do Documento 27
1.1.2. Recorte Espacial Adotado no Plano de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão. 28
1.2. O Regime Fluvial das Bacias do Estado do Maranhão 30
1.2.1. Dados Fluviométricos Disponíveis 31
1.2.2. Análise das Vazões 34
1.2.2.1. Análise do Regime Hidrológico Médio nos Postos Fluviométricos 41
1.3. Caracterização do Regime de Evaporação e de Precipitação nas Bacias do Estado do Maranhão 70
1.3.1. Evaporação 70
1.3.1.1. Estação Climatológica de Barra do Corda 73
1.3.1.2. Estação Climatológica de Caxias 73
1.3.1.3. Estação Climatológica de São Luís 74
1.3.2. Precipitação 75
1.3.2.1. Posto Santa Vitória – 444008 79
1.3.2.2. Posto Aldeias Altas – 443012 79
1.3.2.3. Posto Guimarães – 244011 80
1.4. Caracterização Morfométrica da Infraestrutura Hidráulica da Bacias do Estado do Maranhão 81
1.4.1. Inventário das Barragens 81
1.4.2. As Curvas CAV 86
1.4.2.1. As curvas CAV sintéticas 86
1.5. A Capacidade de Regularização dos Reservatórios do Estado do Maranhão 88
1.5.1. A Equação do Balanço Hídrico de um Reservatório 88
1.5.2. A Simulação dos Reservatórios Utilizando o Programa Simres 89
1.5.2.1. Delimitação das bacias hidrográficas dos Reservatórios 90
1.5.2.2. Construção dos TAPE3 de cada reservatório com o uso da Regionalização 90
1.5.2.3. Construção dos TAPE2 de cada reservatório 95
1.5.2.4. Dados de Entrada do SIMRES para os Reservatórios 95
1.5.3. As Vazões Regularizadas pelos Reservatórios 101
1.6. Determinação das Curvas de Permanência das Bacias do Estado do Maranhão 102
1.6.1. Curva de Permanência das Estações Fluviométricas das Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão 103
1.6.2. As Bacias sem Dados de Vazão 109
1.6.3. As Vazões de Permanência nas Bacias Hidrográficas Estaduais 111
1.6.3.1. Bacia do Maracaçumé 112
1.6.3.2. Bacia do Rio Turiaçu 112
1.6.3.3. Bacia do Rio Mearim 112
1.6.3.4. Bacia do Rio Itapecuru 113

1.6.3.5. Bacia do Rio Munim 113
1.6.3.6. Bacia do Sistema Periá 113
1.6.3.7. Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental 113
1.6.3.8. Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses 114
1.6.3.9. Bacia do Sistema Preguiças 114
1.6.4. As Vazões de Permanência nas Bacias Hidrográficas Federais 114
1.6.4.1. Bacia do Rio Parnaíba 115
1.6.4.2. Bacia do Rio Tocantins 115
1.6.4.3. Bacia do Rio Gurupi 115
1.7. Determinação das Vazões Transferidas por Adutoras entre as Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão 116
1.8. Disponibilidades Hídricas Totais nas Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão 118
2. DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS 123
2.1. Introdução 123
2.2. O Programa QUALIÁGUA da Agência Nacional de Águas 123
2.3. A REMQAS no Estado do Maranhão 126
2.4. Bases Teóricas para Análise da Qualidade da Água 129
2.4.1. Legislação Incidente 129
2.4.2. Indicadores de Qualidade de Água 135
2.4.2.1. Índice de Qualidade da Água – IQA 136
2.4.2.2. Índice de Qualidade da Água Bruta para Fins de Abastecimento Público -IAP 138
2.4.2.3. Índice do Estado Trófico - IET 140
2.4.2.4. Índice de Contaminação por Tóxicos 141
2.4.2.5. Índice de Balneabilidade – IB 142
2.4.2.6. Índice de Proteção da Vida Aquática – IVA 143
2.4.2.7. Índice de Qualidade de Água em Reservatórios – IQAR 143
2.4.3. Seleção de Indicador de Qualidade da Água para o Diagnóstico do PERH-MA 145
2.5. Análise da Qualidade das Águas nas 4 Campanhas da REMQAS 149
2.5.1. Análise Global das Campanhas da REMQAS 149
2.5.1.1. Campanha do Primeiro Trimestre/2017 de 13 de março a 15 de maio de 2017 149
2.5.1.2. Campanha de Junho e Julho de 2017 150
2.5.1.3. Campanha de Amostragem de Setembro de 2017 166
2.5.1.4. Campanha de Amostragem de Dezembro de 2017 171
2.5.1.5. Campanha de Amostragem de Março e Abril de 2018 174
2.5.2. Análise dos Pontos com Qualidade de Água Péssima ou Ruim 180
2.5.2.1. Anapurus – Bacia do Rio Munin: Ponto MA-7164-I-1 182
2.5.2.2. Primeira Cruz - Bacia do Rio Periá: Ponto MA-7194-I-1 184
2.5.2.3. Monção Bacia do Rio Pindaré:Pontos MA-7162-I-31; MA-7162-I-36 e MA-7162-I-9 185
2.5.2.4. Arari, bacia do Rio Mearim: Ponto MA-7163-2 188

2.5.2.5. Cajari, bacia do Rio Pindaré/Mearim: Ponto MA-7162-I-1 189
2.5.2.6. Humberto de Campos, bacia do Rio Periá: Ponto: MA-7194-I-2 190
2.5.2.7. Alcântara, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental: Ponto MA-715-I-33 .. 191
2.5.2.8. Bequimão, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental: Ponto MA-715-I-11 . 192
2.5.2.9. Pinheiro, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental: Ponto MA-715-I-6 193
2.5.2.10. Bacuri, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental: Ponto MA-715-R-27 ... 194
2.5.2.11. São Luís, Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses: Pontos MA-715-I-42 e MA-7162-I-26 195
2.5.2.12. Chapadinha, bacia do Rio Periá: Pontos MA-7192-R-12 e MA-7192-I-9 196
2.5.2.13. Poço do Lumiar, Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses: Ponto MA-715-I-45 197
2.5.2.14. Alto Alegre do Pindaré, Bacia do Rio Mearim: Ponto MA-7162-I-4 198
2.5.2.15. Bacabal, Bacia Hidrográfica do Rio Mearim: Ponto MA-7165-I-5 199
2.5.2.16. Alto Alegre do Maranhão, Bacia do Rio Itapecuru: Ponto MA-7182-I-1 200
2.5.2.17. São Mateus do Maranhão, Bacia do Rio Mearim: Ponto MA-7185-I-3 201
2.5.2.18. Barreirinhas, Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças: Pontos MA-7195-R-3 e MA-7196-R-3 202
2.6. Conclusão sobre o Diagnóstico da Qualidade da Água dos Rios no Maranhão 204
3. DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 207
3.1. Hidrogeologia 207
3.1.1. Introdução 207
3.1.1.1. Dados e Informações Utilizadas 210
3.1.1.2. Conceituação/Glossário hidrogeológico simplificado 211
3.1.2. As Águas Subterrâneas no Maranhão 216
3.1.3. As Águas Subterrâneas por Bacia Hidrográfica 239
3.1.3.1. Bacia do Gurupi 241
3.1.3.2. Bacia das Ilhas Maranhenses 245
3.1.3.3. Bacia do Itapecuru 258
3.1.3.4. Bacia Litoral Ocidental 264
3.1.3.5. Bacia Maracaçumé 268
3.1.3.6. Bacia do Mearim 271
3.1.3.7. Bacia do Munim 276
3.1.3.8. Bacia do Parnaíba 280
3.1.3.9. Bacia do Periá 284
3.1.3.10. Bacia do Preguiças 288
3.1.3.11. Bacia Tocantins 292
3.1.3.12. Bacia Turiaçu 296
3.1.4. Produtividade dos Sistemas Hidrogeológicos 300
3.2. Reservas, Recursos e Disponibilidades das Águas Subterrâneas 306
3.2.1. Reservas Renováveis (Rr) 308
3.2.2. Reservas Permanentes (Rp) 310
3.2.3. Recursos explotáveis (Re) ou Potencialidade aquífera (P) 311
3.2.4. Disponibilidade Hídrica Subterrânea 314
4. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MARANHÃO 333

4.1. Qualidade das águas subterrâneas nas bacias hidrográficas 341
4.1.1. Bacia das Ilhas Maranhenses 341
4.1.2. Bacia de Itapecuru 345
4.1.3. Bacia do Litoral Ocidental 347
4.1.4. Bacia do Mearim 347
4.1.5. Bacia do Munim 348
4.1.6. Bacia do Parnaíba 350
4.1.7. Bacia do Periá 351
4.1.8. Bacia do Preguiças 351
4.1.9. Bacia do Tocantins 352
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 357
ANEXO I - MAPAS DE DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS SIMPLIFICADOS
ANEXO II - MAPAS DOS SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS SIMPLIFICADOS

APRESENTAÇÃO

O presente documento constitui o **Produto 2: Diagnóstico, Prognóstico, Cenários, Sub-Produto 2.2: Relatório Temático "Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas"**, elaborado pela IBI Engenharia Consultiva S/S, parte integrante da Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão, conforme Edital e Termos de Referência do Processo Administrativo nº 11581912015/SEMA e Contrato nº 01/2017.

Conforme especificado nos Termos de Referência (TDR), a elaboração do referido trabalho foi estruturado conforme a seguir:

- ✓ **Produto 01: Bases Metodológicas para a Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos**
  - Sub-Produto 1.1: Plano de Trabalho;
  - Sub-Produto 1.2: Relatório Temático 1 (RT1): Produção de Cartilhas;
  - Sub-Produto 1.3:Relatório Temático 2 (RT2): Plano de Educomunicação.
- ✓ **Produto 02: Diagnóstico, Prognóstico e Cenários dos Recursos Hídricos do Estado**
  - Sub-Produto 2.1: Relatório Temático 3 (RT3): Diagnóstico da Dinâmica Socioeconômico e Ambiental;
  - Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4): Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas;
  - Sub-Produto 2.3: Relatório Temático 5 (RT5): Diagnóstico e Prognóstico das Demandas e Variabilidades Hídricas;
  - Sub-Produto 2.4: Relatório Temático 6 (RT6): Balanço Hídrico;
  - Sub-Produto 2.5: Relatório Temático 7 (RT7): Audiências Públicas;
  - Sub-Produto 2.6: Mapas Temáticos.
- ✓ **Produto 03: Diretrizes, Programas e Metas para Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos**
  - Sub-Produto 3.1: Relatório Temático 8 (RT8):Diretrizes, Programas e Metas para o Plano Estadual de Recursos Hídricos;
  - Sub-Produto 3.2: Relatório Temático 9 (RT9): Oficinas de Trabalho.
- ✓ **Produto 04: Documento Consolidado do Plano Estadual de Recursos Hídricos**
  - Sub-Produto 4.1: Relatório de Coleta de Dados (RCD): Formatação do Banco de Dados.
  - Sub-Produto 4.2: Relatório Comprobatório: Capacitação Técnica do Órgão Gestor.
  - Sub-Produto 4.3: Relatório Síntese, referente ao Plano completo e outro referente ao Resumo Executivo.
  - Sub-Produto 4.4: PERH completo e resumo executivo impressos e em meio digital.

1.

DIAGNÓSTICO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUPERFICIAIS

1. DIAGNÓSTICO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUPERFICIAIS

1.1. Introdução

O Maranhão é detentor de grande potencial hídrico, sendo seu território dividido em dez bacias e dois sistemas hidrográficos. A disponibilidade hídrica superficial (D) define a quantidade de água que se pode dispor em uma bacia. Neste estudo, D será calculado pela metodologia recomendada no Plano de Trabalho, apresentado anteriormente, conforme equação 1.1

$$D = Q_{p90\%} + Q_{reg90\%} + Q_{transf} (m^3/ano) \quad (1.1)$$

Onde:

$Q_{p90\%}$ - Vazões médias diárias com nível de permanência de 90%;

$Q_{reg90\%}$ - Vazões regularizadas por reservatórios > 10 hm³ (G=90%)

Q_{transf} - Vazões transferidas

O presente capítulo, denominado **Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas Superficiais do Estado do Maranhão**, faz o cálculo destas vazões para cada uma das bacias e regiões hidrográficas do Estado

1.1.1. Organização do Documento

Este capítulo está organizado em oito itens. O item 1.1 trata desta introdução. No item 1.2 é elaborado o inventário da rede fluviométrica, analisado o regime fluvial dos rios do Estado, caracterizados os parâmetros hidrológicos de cada posto fluviométrico e selecionados aqueles que comporão o Diagnóstico e serão utilizados para os cálculos dos parâmetros hidrológicos das bacias, tais como as vazões médias diárias com nível de permanência de 90% e vazões regularizadas por cada reservatório. Nesta seleção foram levados em consideração a extensão da série, número de falhas, qualidade da informação e representatividade.

No item 1.3 é analisado o regime de chuvas e evaporação, localizadas as estações climatológicas com dados e quais são representativas de cada tipo climático das bacias. Além dos dados de evaporação, são avaliados os postos pluviométricos existentes nas bacias, e o regime de chuvas médio. Estes dados comporão os arquivos de dados de entrada na simulação dos reservatórios e na análise dos postos fluviométricos.

No item 1.4 é feito um levantamento dos reservatórios com capacidade de acumulação acima de **dez** hm^3, mostrada a sua distribuição espacial em cada bacia, apresentadas suas curvas cota x área x volume (CAV).

Os reservatórios que não dispunham de CAV, estas foram determinadas sinteticamente por metodologia específica.

No item 1.5 são calculadas as vazões regularizadas pelos reservatórios selecionados, para o nível de garantia anual de 90%. É descrita a metodologia do software SIMRES, e seus dados de entrada. No Capitulo 6 são analisadas as vazões médias diárias de cada posto fluviométrico e determinadas suas curvas de permanência com 90%. É feita ainda a regionalização destas curvas e computada, para cada bacia, as vazões Q_{p90}, que também comporão um termo da equação da disponibilidade (D).

No item 1.6, são identificadas as vazões transferidas - Q_{transf} - entre cada bacia, por meio de adutoras. São considerados os aportes como positivos e as retiradas como negativas. E finalmente, no item 1.7 é feito o cálculo das Disponibilidades, pelo somatório das vazões $Q_{p90\%}$, Q_{reg90} e Q_{transf}, e feita a análise das disponibilidades hídricas de cada bacia.

1.1.2. Recorte Espacial Adotado no Plano de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão.

O Decreto Estadual n° 27.845/2011, no seu art.5, define que, para efeito do estabelecimento da **Política Estadual de Recursos Hídricos**, o estado do Maranhão está dividido em 12 regiões hidrográficas. Destas, sete são bacias hidrográficas estaduais (Itapecuru, Maracaçumé, Mearim, Munim, Periá, Preguiças e Turiaçu); duas constituem sistemas hidrográficos (Litoral Ocidental e das Ilhas Maranhenses), e três são parte de bacias de rios federais (Parnaíba, Tocantins e Gurupi) (**Figura 1.1**).

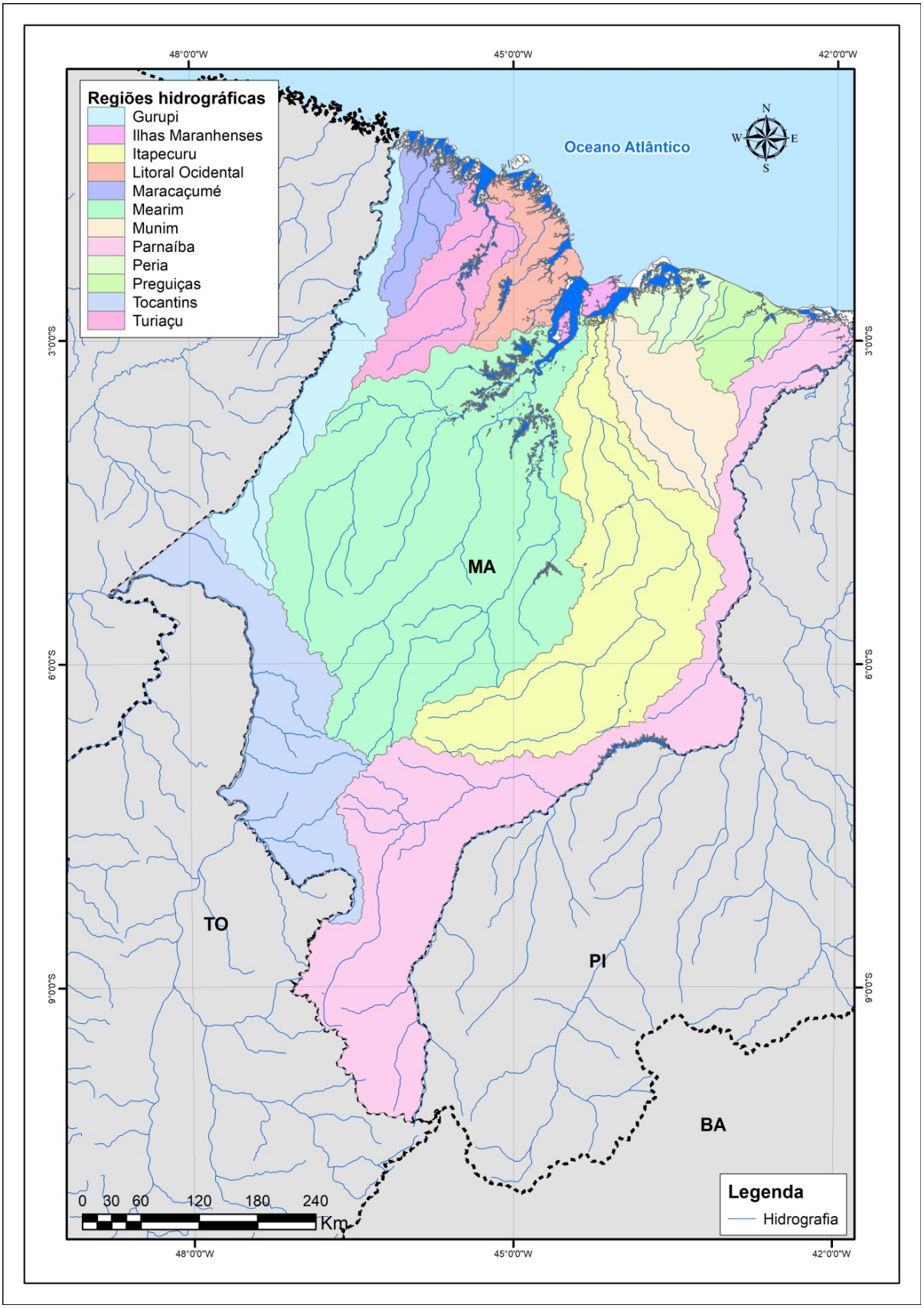


Figura 1.1 - Divisão Hidrográfica do Estado do Maranhão

A caracterização das doze regiões hidrográficas é descrita na **Tabela 1.1**. O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão utilizará esta subdivisão.

Tabela 1.1 - Regiões Hidrográficas do Estado do Maranhão

Regiões Hidrográficas	Bacias Hidrográficas	Área (km²)	% da Área do Estado	População Total	Total de Municípios	Municípios Mais Populosos
Domínio Federal						
Parnaíba	Bacia hidrográfica do Parnaíba	66.449,09	20,02	717.723	39	Balsas, Brejo, Coelho, Neto, Pastos Bons, Timon, Tutóia.
Araguaia-Tocantins	Bacia hidrográfica do Tocantins	30.665,15	9,24	498.105	23	Imperatriz, Carolina, Estreito, João Lisboa, Porto Franco.
Atlântico Nordeste Ocidental	Bacia hidrográfica do Gurupi	15.953,91	4,81	178.302	13	Açailândia, Carutapera, Itinga do Maranhão.
Domínio Estadual						
Atlântico Nordeste Ocidental	Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	10.226,22	3,08	343.130	23	Cururupu, Pinheiro, São Bento.
	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	3.604,62	1,09	1.349.541	22	São Luis.
	Bacia hidrográfica do Mearim	99.058,68	29,84	1.681.307	83	Bacabal, Barra do Corda, Grajaú, Lago da Pedra, Presidente Dutra, Viana, Zé Doca.
	Bacia hidrográfica do Itapecuru	53.216,84	16,03	1.019.398	57	Caxias, Codó, Colinas, Coroatá, Dom Pedro, Itapecuru-Mirim, Timbiras.
	Bacia hidrográfica do Munim	15.918,04	4,79	320.001	27	Chapadinha, Mata Roma, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Vargem Grande.
	Bacia hidrográfica do Turiaçu	14.149,87	4,26	179.212	16	Nova Olinda do Maranhão, Santa Helena, Santa Luzia do Paruá, Turiaçu, Turilândia.
	Bacia hidrográfica do Maracaçumé	7.756,79	2,34	122.535	16	Cândido Mendes, Godofredo Viana, Governador Nunes Freire, Maracaçumé, Maranhãozinho.
	Bacia hidrográfica do Preguiças	6.707,91	2,02	96.379	10	Barreiras, Paulino Neves.
	Bacia hidrográfica do Periá	5.395,37	1,62	64.049	6	Humberto de Campos, Primeira Cruz, Santo Amaro.

1.2. O Regime Fluvial das Bacias do Estado do Maranhão

A análise dos dados das estações fluviométricas é de fundamental importância na determinação das vazões naturais dos rios e das vazões afluentes aos reservatórios estratégicos das bacias do estado do Maranhão, além de embasar o planejamento dos recursos hídricos da bacia.

O presente capítulo pretende identificar os dados fluviométricos passíveis de uso neste estudo, consolidá-los e caracterizar o regime fluvial das bacias.

1.2.1. Dados Fluviométricos Disponíveis

A fonte de dados fluviométricos é o **Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas – Hidroweb**, o qual relaciona 169 postos fluviométricos no estado do Maranhão. A maioria desses postos, no entanto, possuem série muito curta, igual ou menor que 15 anos (muitos, com apenas 1 ano), dados inconsistentes ou ainda com muitas falhas, impossibilitando seu uso de tais dados.

Sendo assim, verificou-se que, destes 169 postos existentes, apenas 47 apresentam dados passíveis de uso neste trabalho, tanto em termos de extensão, quanto em qualidade da informação. A **Figura 1.2** apresenta a distribuição espacial dos postos fluviométricos selecionados, por bacia, e a **Tabela 1.2** apresenta as principais características disponíveis no Banco de Dados Hidroweb, da ANA.

Observa-se que a grande maioria dos postos fluviométricos com dados disponíveis (28) se encontram nas duas principais bacias do Estado, Itapecuru e Mearim. A distribuição espacial dos postos, está descrita a seguir:

- Bacia do Gurupi: 1 Posto;
- Bacia do Itapecuru: 12 Postos;
- Bacia do Maracaçumé: 1 Posto;
- Bacia do Mearim: 16 postos;
- Bacia do Munim: 4 Postos;
- Bacia do Parnaíba: 9 Postos;
- Bacia do Tocantins: 2 postos;
- Bacia do Turiaçu: 2 postos.

Cabe destacar que as bacias do rio Periá, do rio Preguiças e os Sistemas Litoral Ocidental e Ilhas Maranhenses não possuem postos fluviométricos com dados ou qualidade suficientes, sendo assim, tais bacias serão analisadas a partir de métodos de regionalização a serem discutidos em capítulo posterior.

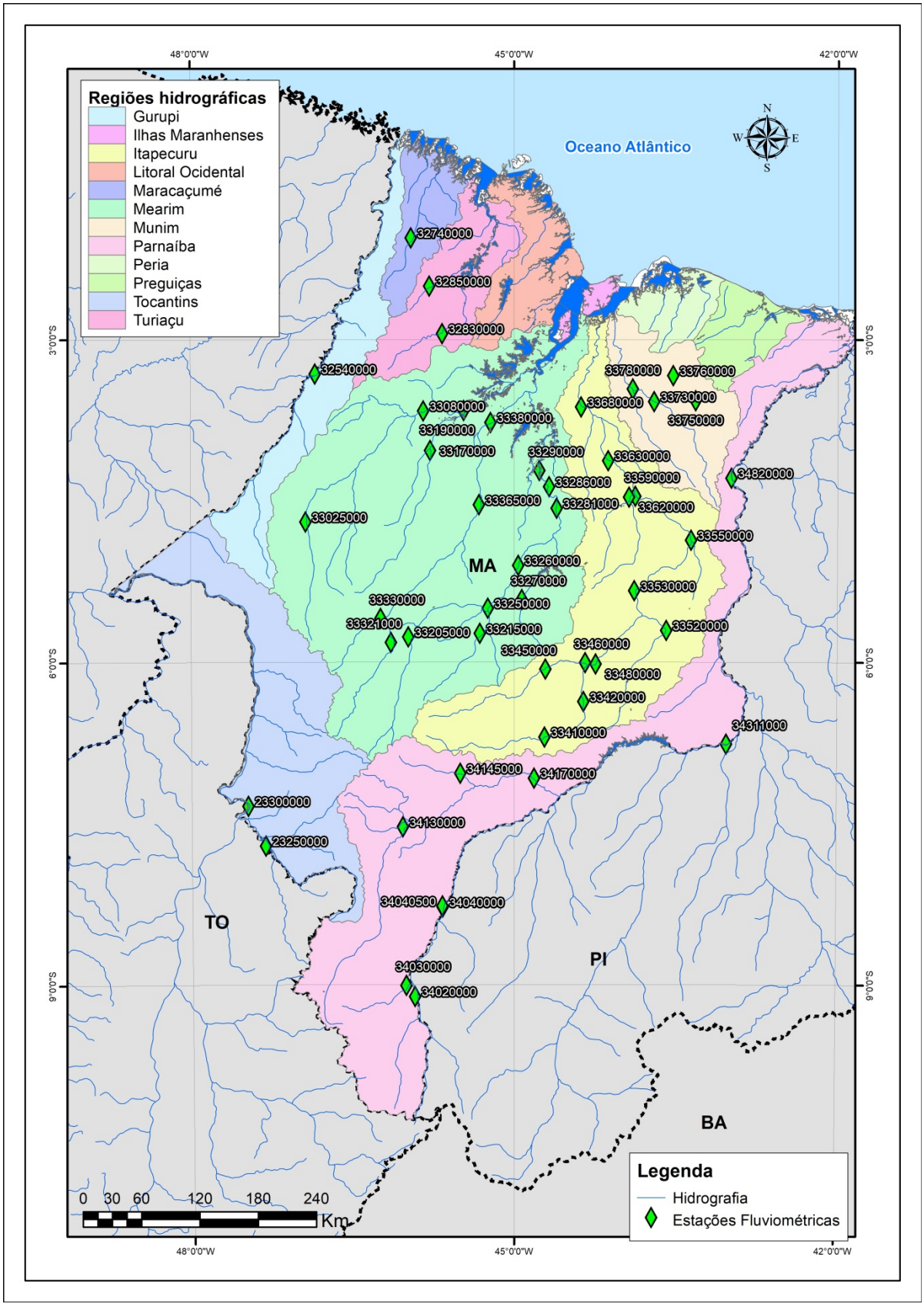


Figura 1.2 - Localização dos Postos Fluviométricos Selecionados do Estado do Maranhão.

Tabela 1.2 - Estações Fluviométricas Selecionadas

CÓDIGO	Estação	Município	Rio	Latitude	Longitude	Responsável	Operador	Área (Km²)	Altitude (M)	Período De Dados	Operando
23250000	Goiatins	Goiatins	Rio Manoel Alves Grande	-7:42:28,08	-47:18:42,12	ANA	CPRM	10100	189,00	1972-2018	Sim
23300000	Carolina	Carolina	Rio Tocantins	-07:20:15	-047:28:23	ANA	ANA	275000	122,00	1972-2010	Não
32540000	Fazenda Rural Zebu	Paragominas	Rio Gurupi	-3:19:19,92	-46:50:44,16	ANA	CPRM	16300	-	1981-2018	Sim
32740000	Maracacume	Cândido Mendes	Rio Maracacume	-02:03:13	-045:57:20	ANA	CPRM	2200	0,00	1972-2018	Sim
32830000	Alto Turi	Monção	Rio Turiaçu	-02:56:39	-045:40:02	ANA	CPRM	3870	0,00	1972-2018	Sim
32850000	Br-316 / Rio Paruá	Turiaçu	Rio Paruá	-02:30:11	-045:47:06	ANA	CPRM	724	0,00	1982-2018	Sim
33025000	Vale Do Pindaré	Açailândia	Rio Pindaré	-04:41:46	-046:56:03	ANA	CPRM	5480	140,00	1981-2018	Sim
33080000	Alto Alegre	Alto Alegre Do Pindaré	Rio Pindaré	-03:39:53	-045:50:30	ANA	CPRM	23400	0,00	2000-2018	Sim
33170000	Esperantina	Santa Luzia	Rio Zutiua	-04:01:59	-045:46:44	ANA	CPRM	5930	50,00	1973-2018	Sim
33190000	Pindaré-Mirim	Pindaré-Mirim	Rio Pindaré	-03:39:36	-045:28:01	ANA	CPRM	35400	4,00	1972-2018	Sim
33205000	Fazenda Remanso	Grajau	Rio Mearim	-05:46:00	-045:58:58	ANA	CPRM	3730	165,00	1979-2018	Sim
33215000	Rio Corda Ii	Barra Do Corda	Rio Corda Ou Capim	-05:44:06	-045:19:06	ANA	CPRM	3000	139,00	1982-2018	Sim
33250000	Barra Do Corda	Barra Do Corda	Rio Mearim	-05:30:02	-045:14:37	ANA	CPRM	13200	85,00	1964-2018	Sim
33260000	Santa Vitória	Barra Do Corda	Rio Mearim	-05:06:07	-044:57:41	ANA	CPRM	15400	80,00	1972-2018	Sim
33270000	Flores	Presidente Dutra	Rio Flores	-05:25:10	-044:55:40	ANA	CPRM	1320	94,00	1971-2018	Sim
33281000	Pedreiras Ii	Pedreiras	Rio Mearim	-04:34:13	-044:36:20	ANA	CPRM	24000	58,00	1978-2018	Sim
33286000	São Luiz Gonzaga	São Luís Gonzaga Do Maranhão	Rio Mearim	-04:22:12	-044:40:33	ANA	CPRM	25200	40,00	1989-2018	Sim
33290000	Bacabal	Bacabal	Rio Mearim	-04:13:10	-044:45:55	ANA	CPRM	25500	9,00	1975-2018	Sim
33321000	Grajau Ii	Grajau	Rio Grajau	-05:49:04	-046:08:41	ANA	CPRM	4510	148,00	1978-2018	Sim
33330000	Fortaleza	Grajau	Rio Santana	-05:35:40	-046:14:25	ANA	CPRM	3590	130,00	1979-2018	Sim
33365000	Fazenda Sabesa	Vitorino Freire	Rio Grajau	-04:32:14	-045:19:41	ANA	CPRM	17200	0,00	1999-2018	Sim
33380000	Aratoí Grande	Bela Vista Do Maranhão	Rio Grajau	-03:46:20	-045:13:05	ANA	CPRM	20300	9,00	1970-2018	Sim
33410000	São Felinho	Colinas	Rio Itapecuru	-06:42:00	-044:43:00	ANA	CPRM	3660	0,00	1999-2018	Sim
33420000	Mirador	Mirador	Rio Itapecuru	-06:22:15	-044:21:37	ANA	CPRM	6060	0,00	1969-2018	Sim
33450000	Campo Largo	Mirador	Rio Alpercatas	-06:04:01	-044:42:30	ANA	CPRM	5750	204,00	1971-2018	Sim
33460000	Porto Do Lopes	Mirador	Rio Alpercatas	-06:00:26	-044:20:24	ANA	CPRM	6890	150,00	1971-2018	Sim
33480000	Colinas	Colinas	Rio Itapecuru	-06:01:15	-044:14:55	ANA	CPRM	15000	122,00	1969-2018	Sim
33520000	Mendes	Buriti Bravo	Rio Correntes	-05:42:22	-043:35:10	ANA	CPRM	5320	139,00	1973-2018	Sim
33530000	Montevidéu	Governador Eugenio Barros	Rio Itapecuru	-05:20:14	-043:53:04	ANA	CPRM	27300	93,00	1976-2018	Sim
33550000	Caxias	Caxias	Rio Itapecuru	-04:51:54	-043:22:03	ANA	CPRM	32700	39,00	1964-2018	Sim
33590000	Codó	Codó	Rio Itapecuru	-04:27:30	-043:52:30	ANA	CPRM	37200	35,00	1969-2018	Sim
33620000	Fazenda Sobral	Codó	Rio Codozinho	-04:27:55	-043:56:00	ANA	CPRM	5560	62,00	1972-2018	Sim
33630000	Coroatá	Coroata	Rio Itapecuru	-04:07:33	-044:07:47	ANA	CPRM	43800	34,00	1975-2018	Sim
33680000	Cantanhede	Cantanhede	Rio Itapecuru	-03:37:40	-044:22:45	ANA	CPRM	49900	15,00	1969-2018	Sim
33730000	Munim	Vargem Grande	Rio Munim	-03:34:39	-043:42:10	ANA	CPRM	4210	7,00	1971-2018	Sim
33750000	Bonsucesso	Chapadinha	Rio Preto	-03:34:04	-043:19:01	ANA	CPRM	1610	0,00	1999-2018	Sim
33760000	São Benedito	São Benedito Do Rio Preto	Rio Preto	-03:20:05	-043:31:30	ANA	CPRM	3990	46,00	1975-2018	Sim
33780000	Nina Rodrigues	Nina Rodrigues	Rio Munim	-03:27:34	-043:53:56	ANA	CPRM	12600	5,00	1963-2018	Sim
34020000	Alto Parnaíba	Alto Parnaíba	Rio Parnaíba	-09:06:47	-045:55:34	ANA	CPRM	12900	220,00	1966-2018	Sim
34030000	Medonho	Alto Parnaíba	Rio Medonho	-09:00:30	-046:00:21	ANA	CPRM	2680	0,00	1999-2018	Sim
34040000	Fazenda Paracati	Ribeiro Gonçalves	Parnaíba	-8:16:50,88	-45:40:0,12	ANA	ANA	25500	180,00	1973-2018	Sim
34040500	Fazenda Paracati Ii	Ribeiro Gonçalves	Parnaíba	-8:16:14,88	-45:40:5,88	ANA	CPRM	25500	180,00	1996-2018	Sim
34130000	Balsas	Balsas	Rio Das Balsas	-07:32:04	-046:02:09	ANA	CPRM	9040	224,00	1973-2018	Sim
34145000	Neves Br-230	São Raimundo Das Mangabeiras	Rio Neves	-07:02:14	-045:30:03	ANA	CPRM	2140	0,00	1999-2018	Sim
34170000	São Félix De Balsas	São Félix De Balsas	Rio Das Balsas	-07:04:55	-044:48:50	ANA	CPRM	24700	180,00	1973-2018	Sim
34311000	Barão De Grajaú	Barão De Grajaú	Rio Parnaíba	-06:45:41	-043:01:40	ANA	CPRM	140000	85,00	1983-2018	Sim
34820000	Coelho Neto	Coelho Neto	Rio Parnaíba	-04:17:17	-042:59:08	ANA	CPRM	294000	38,00	1999-2018	Sim

1.2.2. Análise das Vazões

As características hidrológicas dos 47 postos fluviométricos selecionados serão analisadas segundo quatro parâmetros:

- Vazão Média Anual
- Variabilidade anual
- Vazão específica
- Coeficiente de Escoamento

A **Tabela 1.3** apresenta os resultados destes parâmetros para cada posto. As análises das vazões foram realizadas agrupando-se os postos por bacia hidrográfica; entretanto, no caso de estações fluviométricas com diferentes regimes hidrológicos na mesma bacia, foram criados subgrupos por regiões homogêneas, considerando-se principalmente o coeficiente de variação e o coeficiente de escoamento.

Observa-se que na bacia do Mearim, existem seis regiões com regimes distintos; na bacia do Itapecuru são quatro regiões e, na bacia do Parnaíba, três regiões. As demais bacias possuem regime hidrológico homogêneo ao longo de toda a sua extensão, segundo os dados disponíveis.

No que se refere à variabilidade das vazões médias anuais, representada pelo coeficiente de variação (CV) (Equação 2.1), observa-se uma grande amplitude ao longo do estado, com valores variando de 0,09 até 1,15. Observa-se que os valores mais elevados pertenciam a porção centro-norte do estado, principalmente nos postos da bacia do Itapecuru e Mearim. Na porção centro-sul, percebe-se uma certa homogeneidade no CV, o qual se situa na ordem de 0,2. A **Figura 1.3**, apresenta um panorama geral dos coeficientes de variação das vazões nas regiões hidrográficas.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \qquad (2.1)$$

Onde μ é a vazão média anual e $\boldsymbol{\sigma}$ é o desvio padrão das vazões anuais.

Tabela 1.3 - Características hidrológicas das estações fluviométricas com dados do Estado do Maranhão.

Código	Bacia	Estação	Município	Média (M^3/S)	Cv	Área de Drenagem (Km^2)	Q Espec. ($L/S/Km^2$)	Lâmina Anual Escoada (mm/Ano)	Precip. Média Anual (mm)	Coeficiente de Escoamento (%)
23250000	Tocantins	Goiatins	Goiatins	157,63	0,19	10.100,00	15,57	492,18	1.522,82	0,32
23300000	Tocantins	Carolina	Carolina	3.870,81	0,21	275.000,00	14,34	443,89	1.556,77	0,29
32540000	Gurupi	Fazenda Rural Zebu	Paragominas	116,45	0,30	16.300,00	7,19	225,30	1.684,10	0,13
32740000	Maracaçumé	Maracacume	Cândido Mendes	59,76	0,40	2.200,00	24,91	856,70	1.896,30	0,45
32850000	Turiaçu	Br-316 / Rio Paruá	Turiaçu	18,88	0,37	724,00	26,39	822,56	1.844,93	0,45
32830000	Turiaçu	Alto Turi	Monção	85,38	0,37	3.870,00	22,30	695,74	1.789,51	0,39
33170000	Mearim	Esperantina	Santa Luzia	19,56	0,47	5.930,00	2,43	104,00	1.336,69	0,08
33025000	Mearim	Vale Do Pindaré	Açailândia	22,65	0,56	5.480,00	4,19	130,35	1.358,96	0,10
33080000	Mearim	Alto Alegre	Alto Alegre Do Pindaré	122,16	0,22	23.400,00	5,26	164,63		0,11
33190000	Mearim	Pindaré-Mirim	Pindaré-Mirim	203,64	0,36	35.400,00	5,78	181,41	1.770,54	0,10
33215000	Mearim	Rio Corda II	Barra Do Corda	22,35	0,16	3.000,00	7,39	234,94	1.061,49	0,22
33205000	Mearim	Fazenda Remanso	Grajau	25,98	0,24	3.730,00	7,13	219,65	989,86	0,22
33250000	Mearim	Barra Do Corda	Barra Do Corda	60,65	0,22	13.200,00	4,63	144,91	1.000,71	0,14
33260000	Mearim	Santa Vitória	Barra Do Corda	62,43	0,25	15.400,00	3,93	127,85	1.158,94	0,11
33270000	Mearim	Flores	Presidente Dutra	2,11	0,49	1.320,00	1,85	50,49	1.318,22	0,04
33281000	Mearim	Pedreiras II	Pedreiras	88,27	0,36	24.000,00	3,53	115,98	1.318,27	0,09
33286000	Mearim	São Luiz Gonzaga	São Luís Gonzaga do Maranhão	95,91	0,33	25.200,00	3,83	120,03	1.318,27	0,09
33290000	Mearim	Bacabal	Bacabal	106,25	0,38	25.500,00	4,19	131,40	1.318,22	0,10
33330000	Mearim	Fortaleza	Grajau	15,24	1,15	3.590,00	4,22	133,84	1.167,09	0,11
33321000	Mearim	Grajau II	Grajau	24,42	0,55	4.510,00	5,26	170,75	1.116,40	0,15
33365000	Mearim	Fazenda Sabesa	Vitorino Freire	38,15	0,47	17.200,00	2,42	69,95	1.163,43	0,06
33380000	Mearim	Aratoí Grande	Bela Vista Do Maranhão	105,05	0,50	20.300,00	5,13	163,19	1.628,35	0,10
33410000	Itapecuru	São Felinho	Colinas	16,49	0,17	3.660,00	4,58	142,08	1.055,57	0,13
33420000	Itapecuru	Mirador	Mirador	17,45	0,23	6.060,00	2,93	90,82	1.162,22	0,08
33450000	Itapecuru	Campo Largo	Mirador	32,65	0,15	5.750,00	5,62	179,08	1.106,81	0,16
33460000	Itapecuru	Porto Do Lopes	Mirador	33,02	0,15	6.890,00	4,80	151,13	1.188,97	0,13
33480000	Itapecuru	Colinas	Colinas	55,33	0,20	15.000,00	3,60	116,33	1.212,16	0,10
33520000	Itapecuru	Mendes	Buriti Bravo	6,13	0,76	5.320,00	1,18	36,35	1.249,72	0,03
33620000	Itapecuru	Fazenda Sobral	Codó	35,52	0,68	5.560,00	6,67	201,44	1.382,81	0,15

Código	Bacia	Estação	Município	Média (M^3/S)	Cv	Área de Drenagem (Km^2)	Q Espec. ($L/S/Km^2$)	Lâmina Anual Escoada (mm/Ano)	Precip. Média Anual (mm)	Coeficiente de Escoamento (%)
33530000	Itapecuru	Montevidéu	Governador Eugenio Barros	61,96	0,24	27.300,00	2,27	71,57	1.281,34	0,06
33550000	Itapecuru	Caxias	Caxias	68,92	0,35	32.700,00	2,11	66,47	1.389,14	0,05
33590000	Itapecuru	Codó	Codó	109,65	0,45	37.200,00	2,94	92,96	1.461,26	0,06
33630000	Itapecuru	Coroatá	Coroata	155,48	0,50	43.800,00	3,57	111,94	1.585,74	0,07
33680000	Itapecuru	Cantanhede	Cantanhede	225,32	0,56	49.900,00	4,51	142,40	1.585,74	0,09
33750000	Munim	Bonsucesso	Chapadinha	7,89	0,51	1.610,00	4,39	154,46	1.550,44	0,10
33760000	Munim	São Benedito	São Benedito Do Rio Preto	26,64	0,68	3.990,00	6,81	210,56	1.618,69	0,13
33730000	Munim	Munim	Vargem Grande	31,43	0,75	4.210,00	7,33	235,46	1.545,64	0,15
33780000	Munim	Nina Rodrigues	Nina Rodrigues	103,86	0,70	12.600,00	8,23	259,95	1.625,99	0,16
34030000	Parnaíba	Medonho	Alto Parnaíba	26,69	0,11	2.680,00	9,74	314,10	1.420,33	0,22
34020000	Parnaíba	Alto Parnaíba	Alto Parnaíba	112,19	0,14	12.900,00	9,84	274,26	1.353,37	0,20
34040000	Parnaíba	Fazenda Paracati	Ribeiro Gonçalves	202,58	0,13	25.500,00	8,55	250,54	1.353,37	0,19
34040500	Parnaíba	Fazenda Paracati II	Ribeiro Gonçalves	182,71	0,09	25.500,00	7,71	225,96	1.353,37	0,17
34130000	Parnaíba	Balsas	Balsas	103,42	0,15	9.040,00	11,43	360,80	1.446,85	0,25
34145000	Parnaíba	Neves Br-230	São Raimundo Das Mangabeiras	18,22	0,15	2.140,00	8,76	268,44	1.073,83	0,25
34170000	Parnaíba	São Félix De Balsas	São Félix De Balsas	192,31	0,22	24.700,00	7,77	245,54	1.142,82	0,21
34311000	Parnaíba	Barão De Grajaú	Barão De Grajaú	486,44	0,21	140.000,00	4,23	109,57	1.180,83	0,09

Fonte: Hidroweb/ANA (www.ana.gov.br/hidroweb)

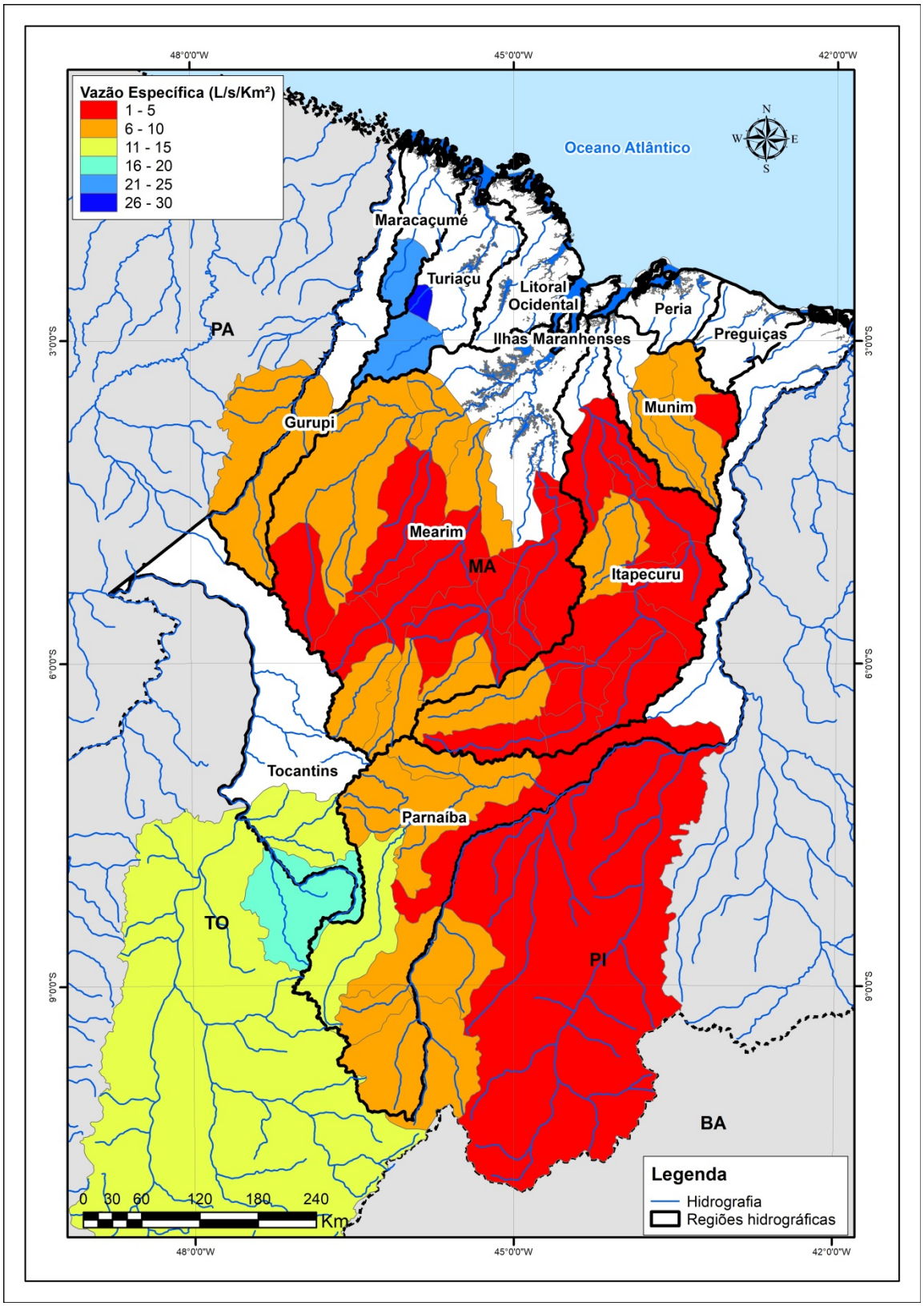


Figura 1.3 - Vazão Específica nos Postos Fluviométricos do Estado do Maranhão

Diferenciação similar é observada no parâmetro vazão específica, definida como a vazão capaz de ser gerada por unidade de área. Observa-se que as bacias mais próximas ao litoral, Turiaçu e Maracaçumé, possuem estações com vazões específicas mais elevadas, entre 22,30 e 26,39 litros/s/Km². As vazões específicas das bacias que possuem nascentes mais ao sul do Estado como é o caso da Bacia do Itapecuru tem valores variando entre 1,18 e 6,67 litros/s/Km², e do Munim entre 1,85 e 7,39 litros/s/km². Um panorama geral das áreas com vazões específicas do estado encontra-se na **Figura 1.4**.

Em relação ao último parâmetro analisado, o coeficiente de escoamento (C.E.), entendido também como o rendimento hidrológico da bacia, e que traduz a quantidade de precipitação que efetivamente se transformará em descarga dos rios. Para a determinação do C.E, calculou-se a precipitação média de cada bacia do posto fluviométrico pelo Método das Isoietas, utilizando postos pluviométricos com séries de maior extensão em todo o estado do Maranhão e nos estados adjacentes. As estações pluviométricas e a metodologia detalhada para a determinação das chuvas médias, encontra-se em tópico separado apresentado no decorrer deste relatório.

Nota-se comportamentos bem distintos ao longo do Estado, com estações fluviométricas apresentando um baixo rendimento hidrológico - da ordem de 3% até estações com um rendimento superior aos 45%, um panorama geral dos coeficientes de escoamento no estado do Maranhão pode ser observado na **Figura 1.5.**

As regiões com menores rendimentos hidrológicos encontram-se na porção central do estado, principalmente na bacia do Mearim e Itapecuru. As bacias da região sul - bacias do Parnaíba, Tocantins e Mearim - apresentam rendimentos maiores, variando entre 20% e 30%. Quando se olha para o Litoral noroeste, percebe-se rendimentos ainda maiores, em conformidade com as altas vazões específicas, principalmente nas bacias do Turiaçu e Maracaçumé.

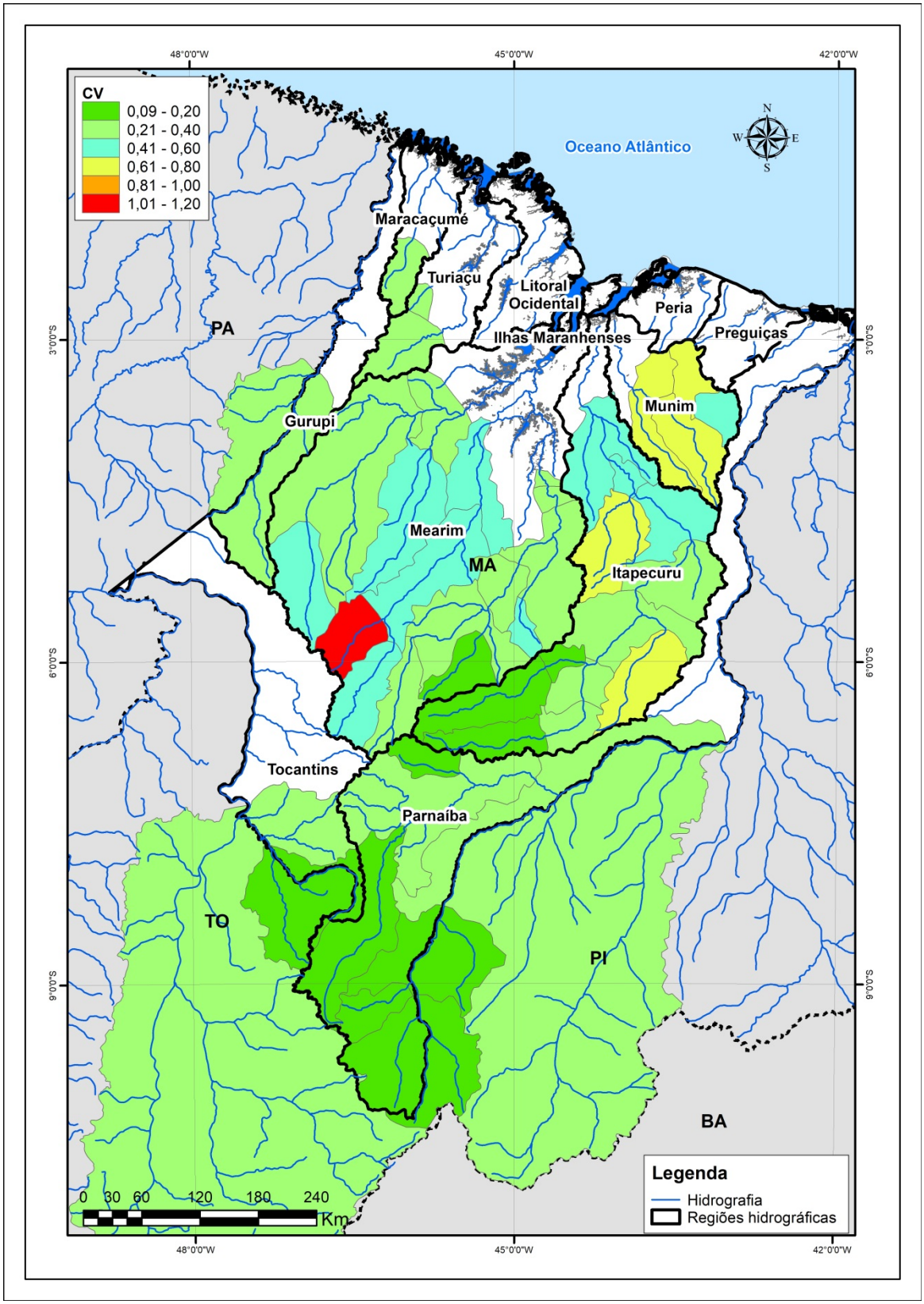


Figura 1.4 - Coeficiente de Variação das Vazões nos Postos Fluviométricos do Estado do Maranhão

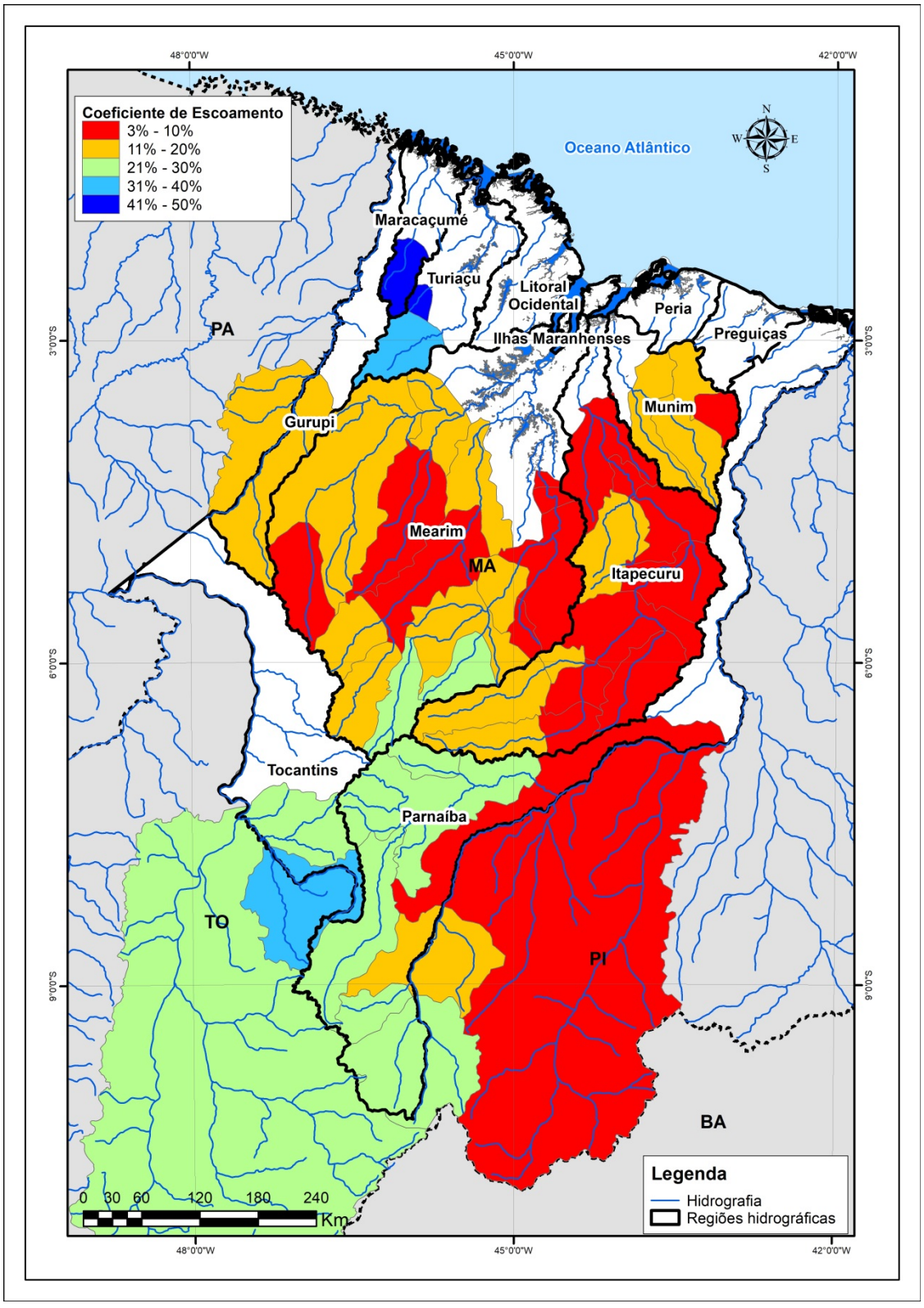


Figura 1.5 - Coeficiente de Escoamento nos Postos Fluviométricos do Estado do Maranhão

1.2.2.1. Análise do Regime Hidrológico Médio nos Postos Fluviométricos

✓ **Bacia do Rio Gurupi**

A Bacia Hidrográfica do Rio Gurupi possui área contribuinte no estado do Maranhão de aproximadamente de 15.953,91 km², representando 4,81% da área do Estado. A bacia é de domínio Federal e a calha principal do rio coincide com a divisão entre os estados do Pará e Maranhão. Suas nascentes se encontram no estado do Maranhão, na serra do Gurupi, e sua foz, no oceano Atlântico.

Na porção maranhense, o rio Gurupi tem o Rio Açailândia como principal afluente, enquanto que, na porção Paraense, se destacam o Rio Gurupizinho, o Rio Piriá, o Rio Uraim e Rio Coraci Paraná. A bacia conta ainda como principais divisores de águas a bacia do Mearim, Turiaçu e a serra do Tiracambu.

A **Figura 1.6** apresenta o diagrama unifilar esquemático do rio Gurupi, com seus principais afluentes e a localização das estações fluviométricas disponíveis.

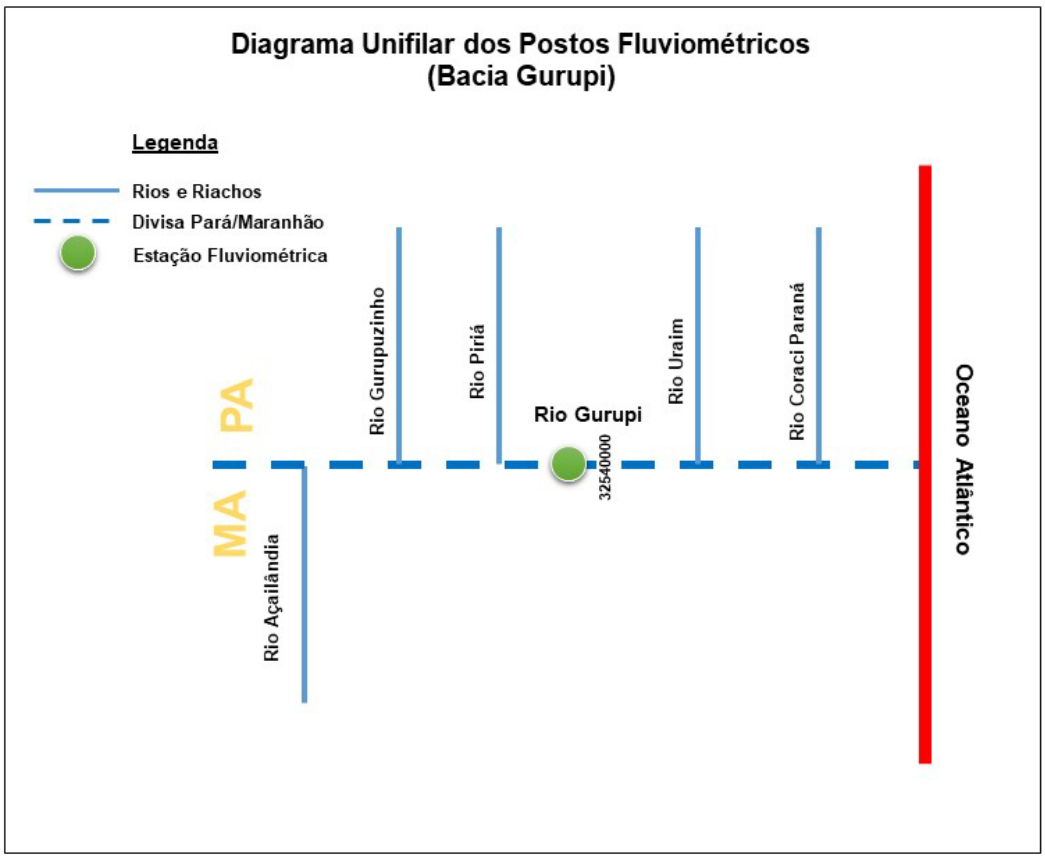


Figura 1.6 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Gurupi

A bacia possui um posto fluviométrico (Fazenda Rural Zebu) a montante da confluência do Rio Gurupi com o rio Uraim e a jusante do rio Piriá. A estação possui vazão média de 116,45 m³/s, as vazões mínimas são da ordem de 80 m³/s, que ocorrem entre Julho e Janeiro e as máximas são por volta de 190 m³/s e ocorrem entre fevereiro e abril. A **Figura 1.7** apresenta as vazões médias mensais do posto Fazenda Rural Zebu.

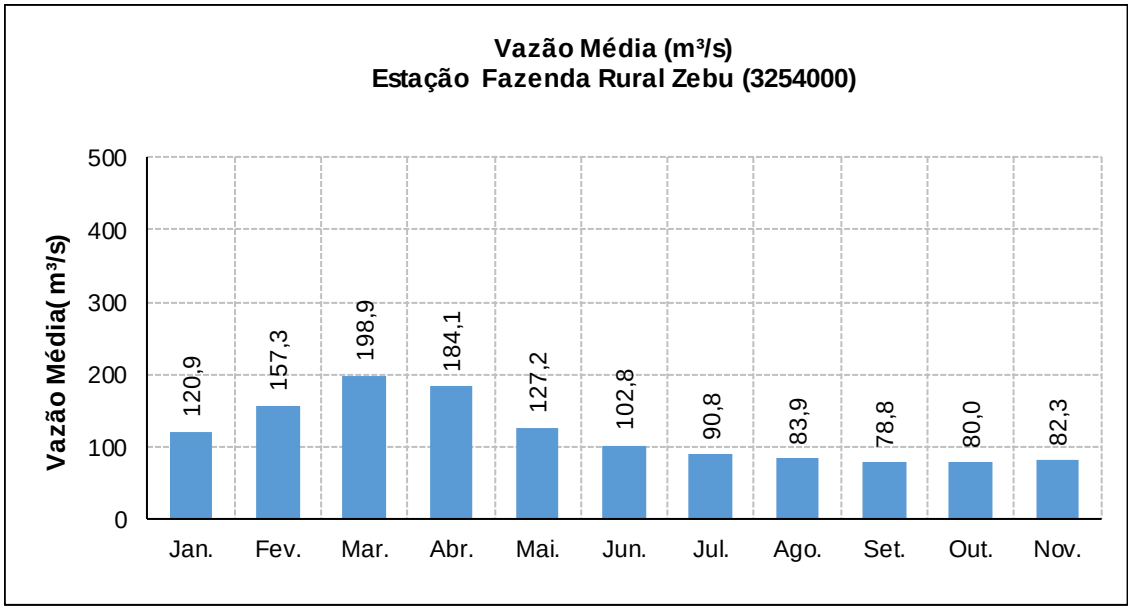


Figura 1.7 - Vazões Médias Mensais – Estação Fazenda Rural Zebu (32540000)

✓ **Sistema Hidrográfico Maracaçumé**

A bacia do rio Maracaçumé é de domínio estadual sendo composto pelo rio Maracaçumé e pelo rio Tromaí. O sistema possui área contribuinte de aproximadamente de 7.750 km², representando 2,34% da área do Estado, possuindo nascentes na Serra do Tiracambú e desaguando no Oceano Atlântico.

Como principais tributários do rio Maraçumé tem-se os rios Coqueiro e Macaxeira, ambos afluentes pela margem direita; o rio Tromaí não possui grandes tributários, a **Figura 1.8** apresenta o digrama unifilar esquemático da bacia do Maracaçumé, com seus principais afluentes e estação fluviométrica disponível.

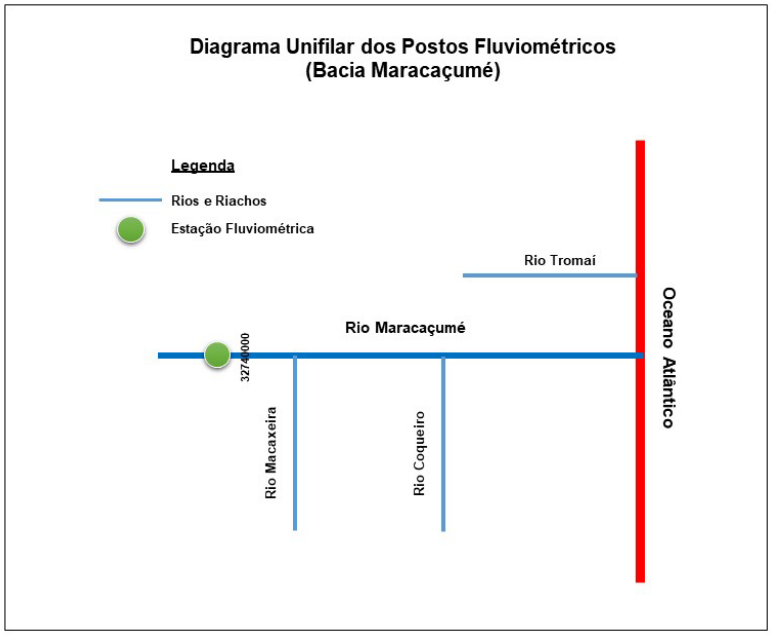


Figura 1.8 - Diagrama Unifilar do Sistema Maracaçumé

O sistema possui apenas um posto fluviométrico com dados disponíveis (com nome homônimo ao sistema), localizado na calha do rio Maracaçumé, a montante da confluência dos seus principais tributários.

O posto possui alta amplitude de vazões, com média mensal da ordem de 2,0 m³/s em novembro, chegando a vazões superiores a 180 m³/s no mês de março. A área drenada possui o maior coeficiente de escoamento do Estado (45%) e uma das maiores vazões específicas (24,91 l/s/km²). A **Figura 1.9** apresenta as vazões médias mensais no posto Maracaçumé.

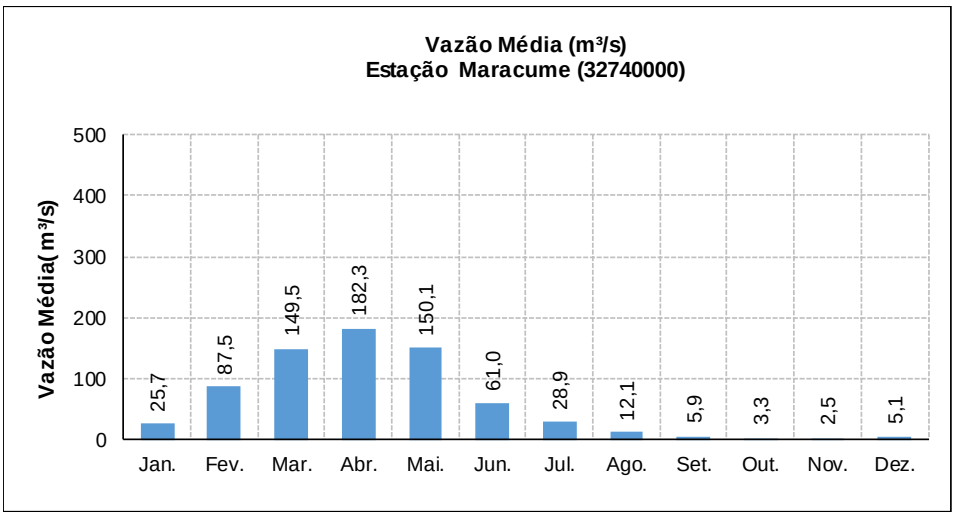


Figura 1.9 - Vazões Médias Mensais – Estação Maracaçumé (32740000)

✓

✓ **Bacia do Rio Turiaçu**

A bacia hidrográfica do rio Turiaçu possui área aproximada de 14.150 km², englobando 27 municípios maranhenses, e tem como principais afluentes o rio Almas, rio Paraná e rio Caxias. Suas nascentes, como a bacia do Maracaçumé, encontram-se na Serra do Tiracambu, percorrendo 720 km até a sua foz na Baía do Turiaçu.

A bacia conta com dois postos fluviométricos estudados, sendo o primeiro localizado na calha do rio principal (Alto Turi), antes da confluência com o rio Paraná, e o segundo, no alto curso do Rio Paraná. A **Figura 1.10** apresenta o diagrama unifilar da bacia do rio Turiaçu, com seus principais afluentes e estações fluviométricas.

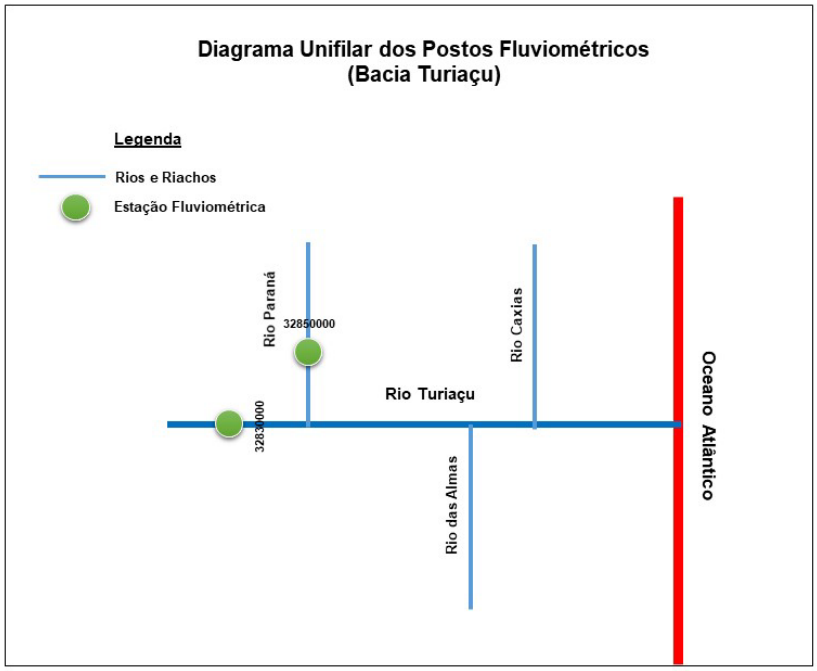


Figura 1.10 - Diagrama Unifilar da Bacia do rio Turiaçu

Os postos da bacia possuem homogeneidade hidrológica, com CV de 0,37, vazão específica da ordem 25 l/s/km² e coeficiente de escoamento variando entre 39% e 45%. As vazões mínimas no posto BR-316 – Estação do Rio Paraná acontecem entre outubro e dezembro, chegando a valores próximos de 1,6 m³/s; as vazões máximas chegam a 57 m³/s em abril nesse mesmo posto, e a valores de aproximadamente 250 m³/s no Posto Alto Turi, no mesmo mês. As **Figuras 1.11 e 1.12** apresentam as vazões médias mensais nos postos da Bacia do Rio Turiaçu.

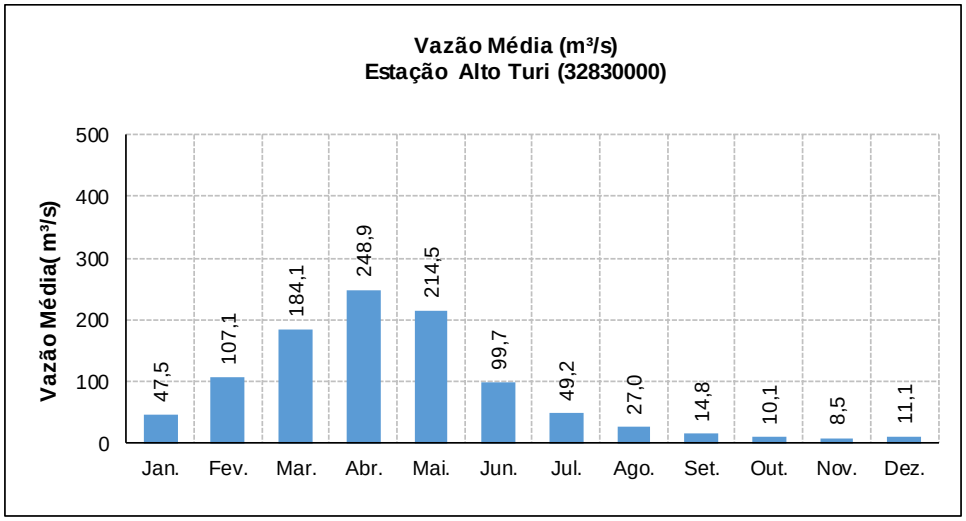


Figura 1.11 - Vazões Médias Mensais – Estação Alto Turi (32830000)

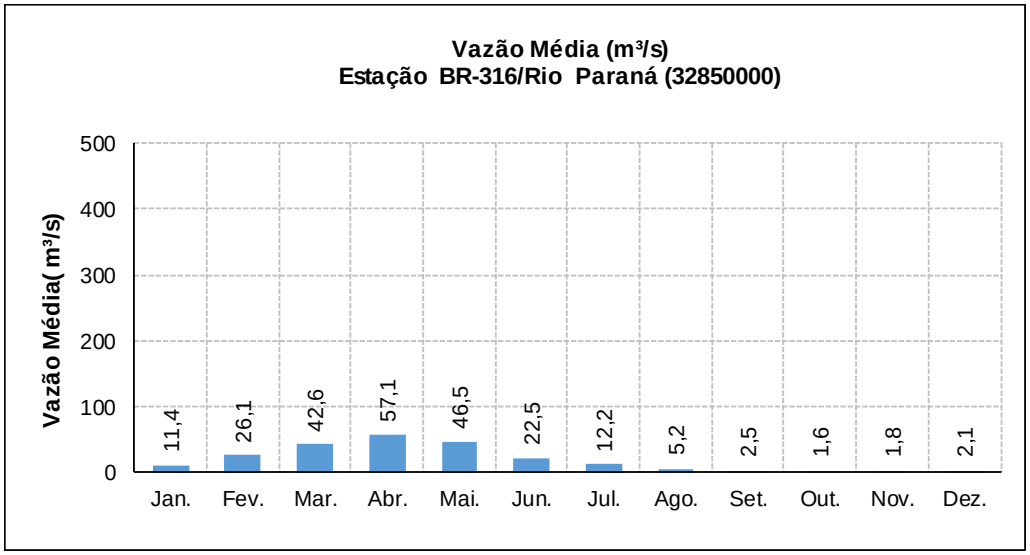


Figura 1.12 - Vazões Médias Mensais – Estação BR-316/Rio Paraná (32830000)

✓ Bacia do Rio Mearim

A bacia hidrográfica do rio Mearim é a maior bacia hidrográfica do estado em termos de área (99.058 km²) e a maior em termos populacionais, com mais 1.600.000 habitantes em 83 municípios.

As nascentes do rio Mearim encontram-se na Serra da Menina, na porção sul do estado, e percorre um longo trajeto na direção Sudoeste-Noroeste, até receber as águas do rio Flores, onde segue na direção norte até desembocar na baía de São Marcos. A bacia do Mearim é conhecida também por possuir vários lagos e por possuir alta meandricidade.

O rio Mearim tem como principais afluentes o rio Capim Duro, o rio Corda, o rio Ipixuna Açu, o rio Grajaú e o rio Pindaré. A bacia conta com dezesseis postos fluviométricos estudados, estando seis na calha principal e dez em seus tributários, a **Figura 1.13** apresenta o diagrama unifilar da bacia, com os postos fluviométricos estudados e os principais afluentes do Mearim.

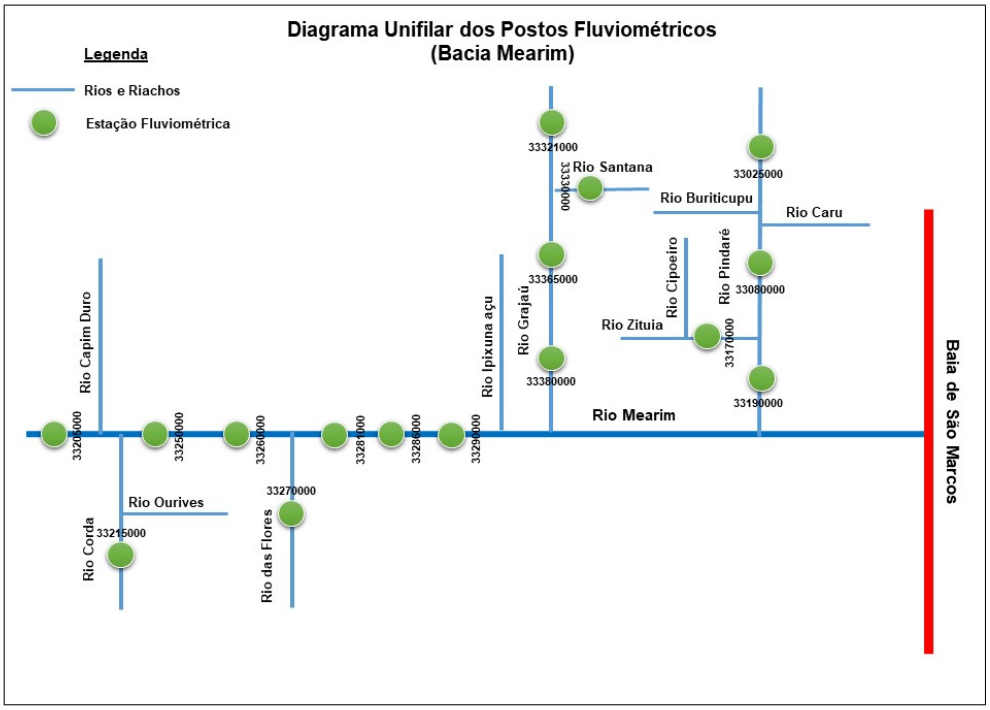


Figura 1.13 - Diagrama Unifilar da Bacia do rio Mearim

Devido a sua extensão, os postos fluviométricos foram subdivididos em cinco subgrupos de características semelhantes.

O primeiro grupo é composto por dois postos, estando um localizado no alto curso do rio corda (Posto Rio Corda II - 33215000), afluente do Mearim, e outro no alto curso do rio Mearim (Posto Fazenda Remanso - 33205000). Ambos possuem área de drenagem da ordem de 3.000 km², e vazão média de aproximadamente 25 m³/s, variabilidade interanual entre 0,16 e 0,24 (valor baixo comparado às demais estações da bacia) e apresenta os maiores coeficientes de escoamento, de aproximadamente 22%. Uma característica destes postos é a baixa variabilidade mensal, em contrapartida aos demais postos da bacia. O posto Fazenda Remanso possui amplitude máxima de 30 m³/s e no posto rio Corda de10 m³/s. As **Figuras 1.14** e **1.15** apresentam as médias mensais desses postos.

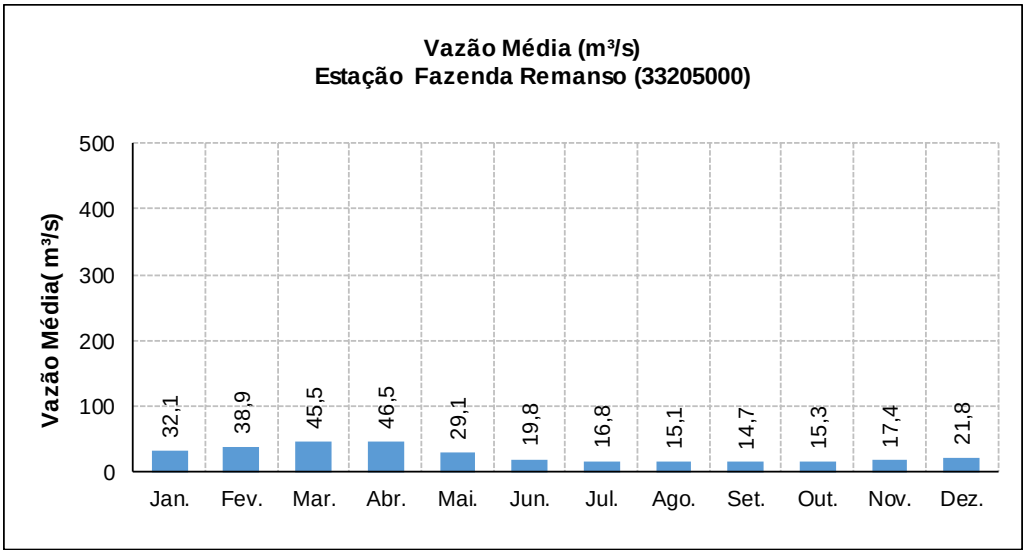


Figura 1.14 - Vazões Médias Mensais – Estação Fazenda Remanso (33205000)

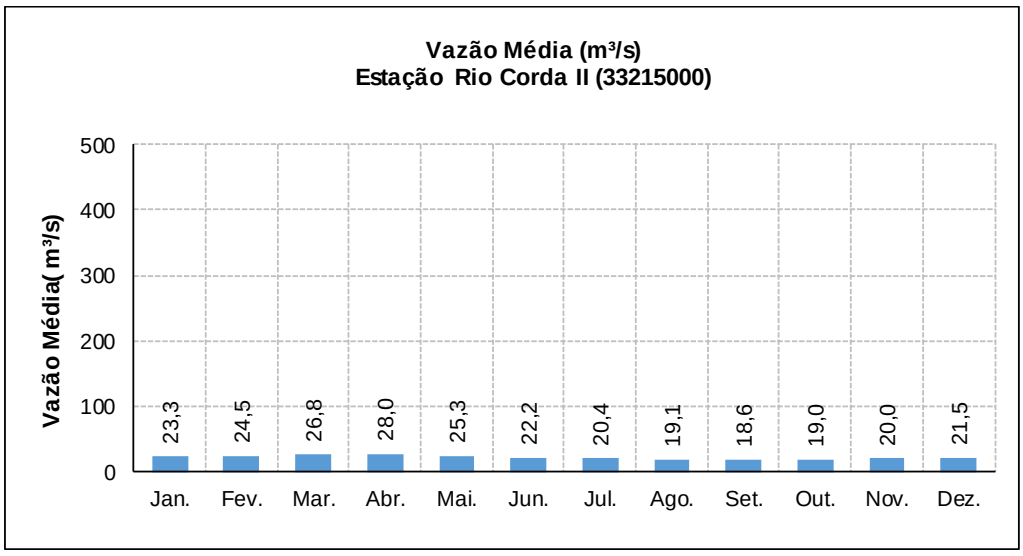


Figura 1.15 - Vazões Médias Mensais – Estação Rio Corda II (33215000)

O segundo grupo é composto seis estações, sendo cinco localizadas no médio curso do rio Mearim (33250000, 33260000, 33281000, 33286000, 33290000) e outra, no rio Flores (33270000). O posto do rio Flores apresenta o menor coeficiente de escoamento da bacia, da ordem de 5%, e os demais postos variando entre 9% e 14%. Com relação a variabilidade anual, os postos possuem valores médios quando comparados com os demais postos da bacia, entre 0,22 e 0,49, notando-se um aumento na variabilidade conforme o rio vai se aproximando de sua foz. O posto Flores possui a menor vazão média anual dos postos estudados - aproximadamente 2,11 m³/s - e os demais postos variam de 60 m³/s a 106,25 m³/s.

Nota-se um aumento na variabilidade mensal conforme o rio Mearim vai ganhando mais afluentes, os primeiros postos 33250000 e 33260000, tem baixa amplitude mensal com característica similar aos postos do primeiro grupo, com certa regularidade ao longo do ano. Os demais postos apresentam vazões máximas em abril e mínimas em setembro. As **Figuras 1.16** a **1.21** apresentam as vazões médias mensais dos postos do segundo grupo.

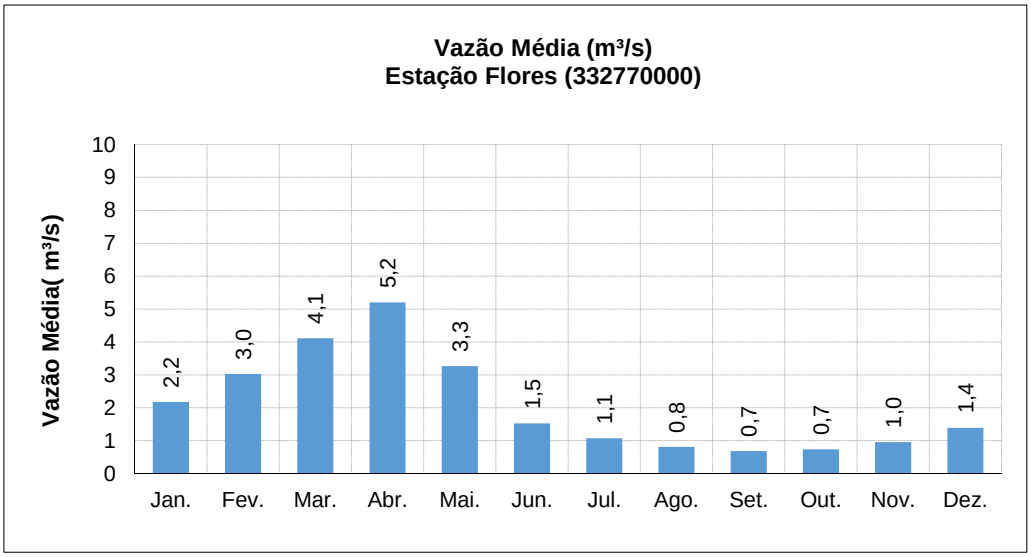


Figura 1.16 - Vazões Médias Mensais – Estação Flores (33277000)

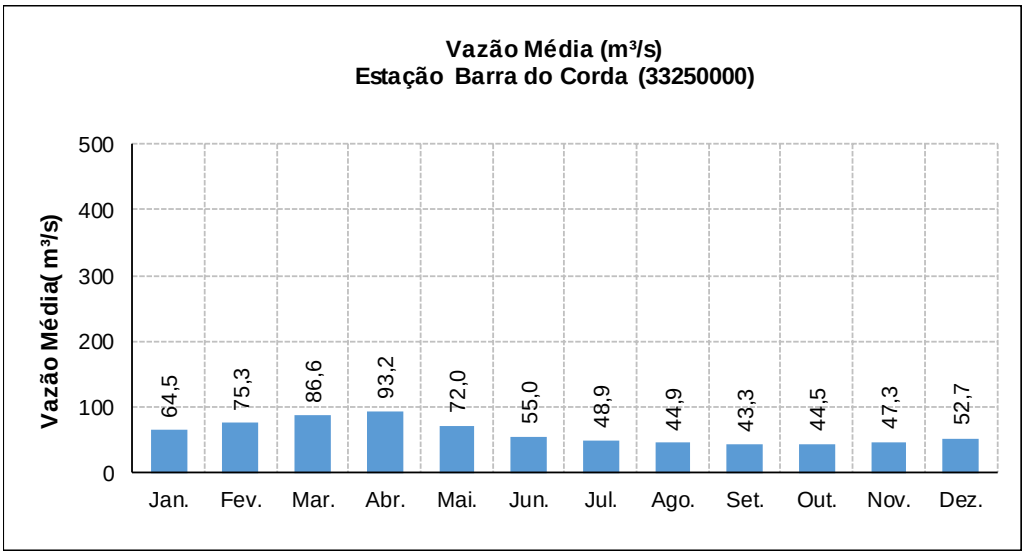


Figura 1.17 - Vazões Médias Mensais – Estação Barra do Corda (33250000)

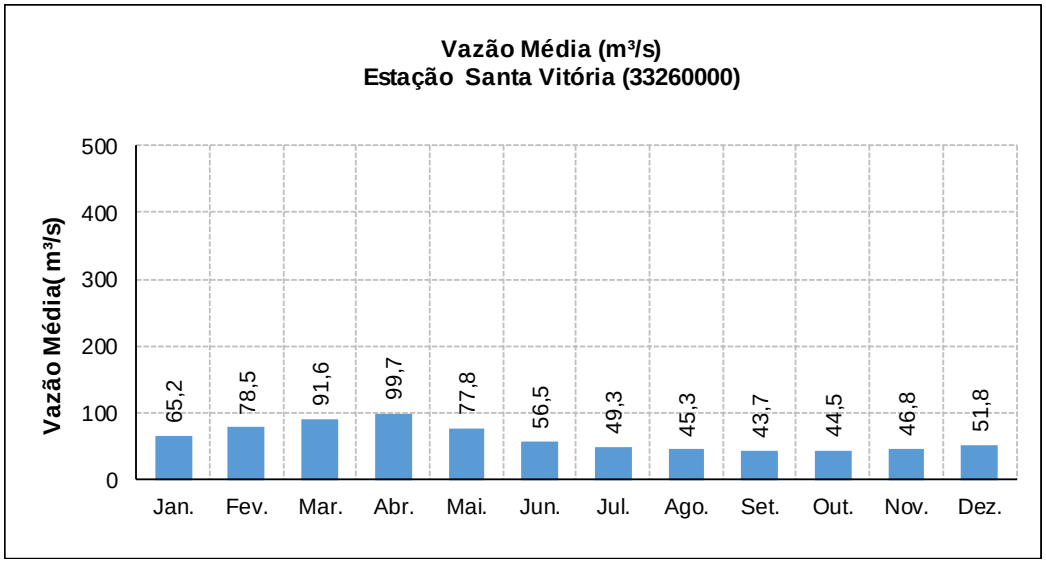


Figura 1.18 - Vazões Médias Mensais – Estação Santa Vitória (33260000)

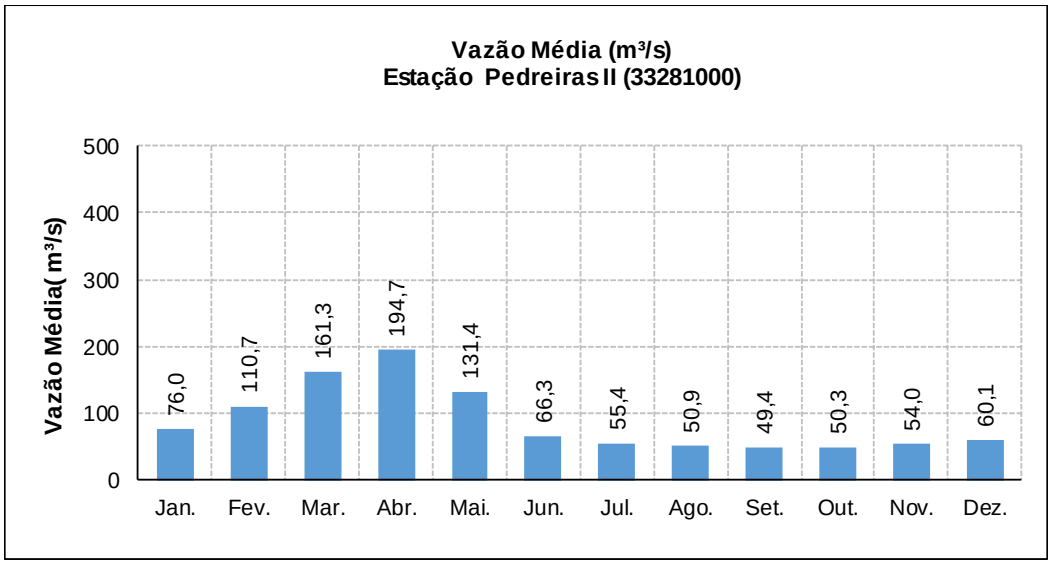


Figura 1.19 - Vazões Médias Mensais – Estação Pedreiras II (33281000)

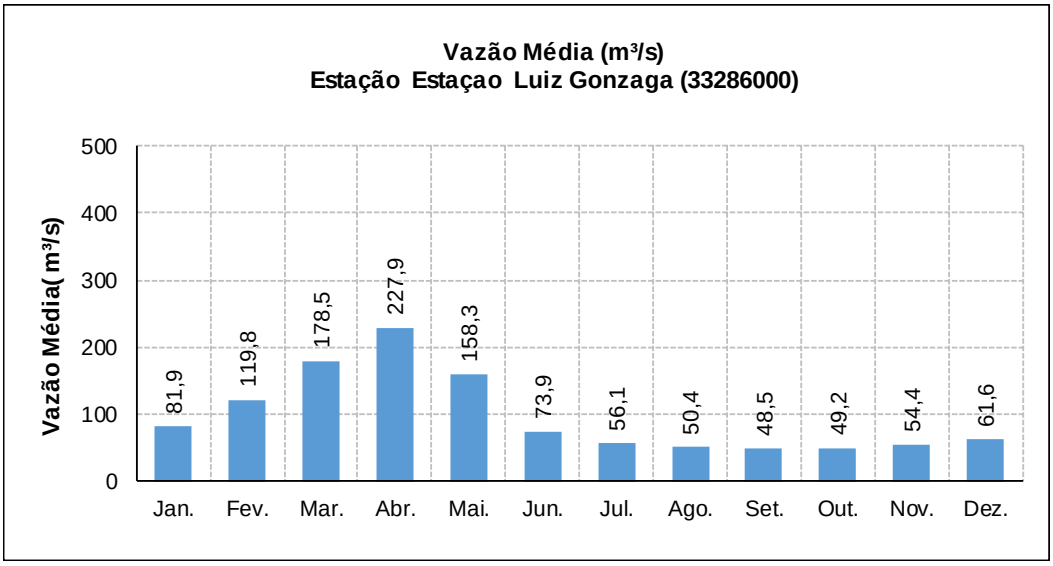


Figura 1.20 - Vazões Médias Mensais – Estação Luiz Gonzaga (33281000)

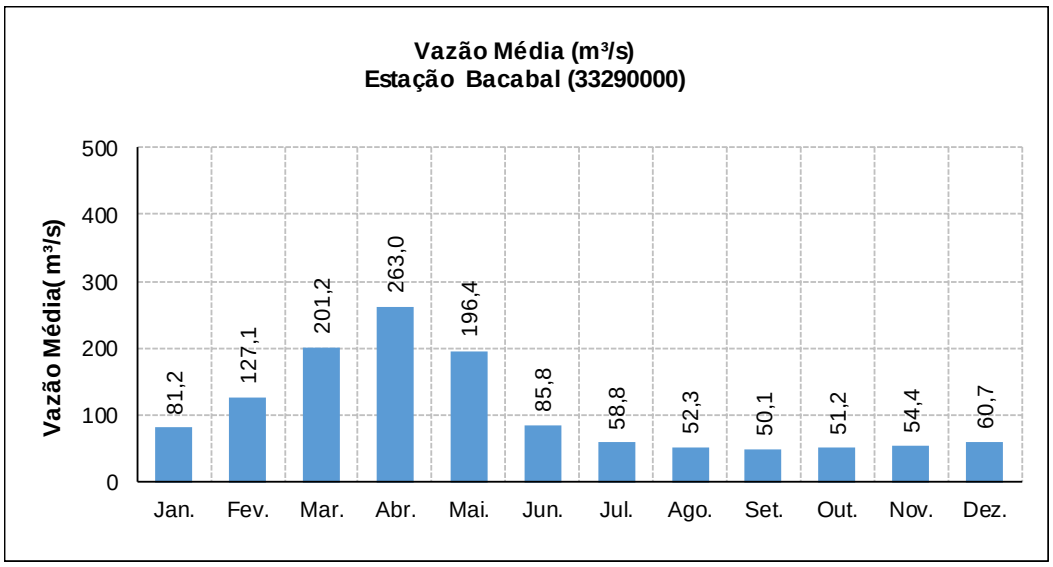


Figura 1.21 - Vazões Médias Mensais – Estação Bacabal (33290000)

O próximo posto foi analisado isoladamente (33330000), por possuir características distintas dos demais postos da bacia. Está localizado no rio Santana, afluente do Rio Grajaú, ainda no baixo curso, com vazão média anual de 15,24 m³/s. Possui variabilidade interanual de 1,15, a maior variabilidade interanual da bacia do Mearim, e coeficiente de escoamento de 11%. As vazões mínimas mensais ocorrem entre setembro e outubro, com valores inferiores a 2 m³/s e máximas entre março e abril, superior aos 45 m³/s. A **Figura 1.22** apresenta as médias mensais do posto 33330000.

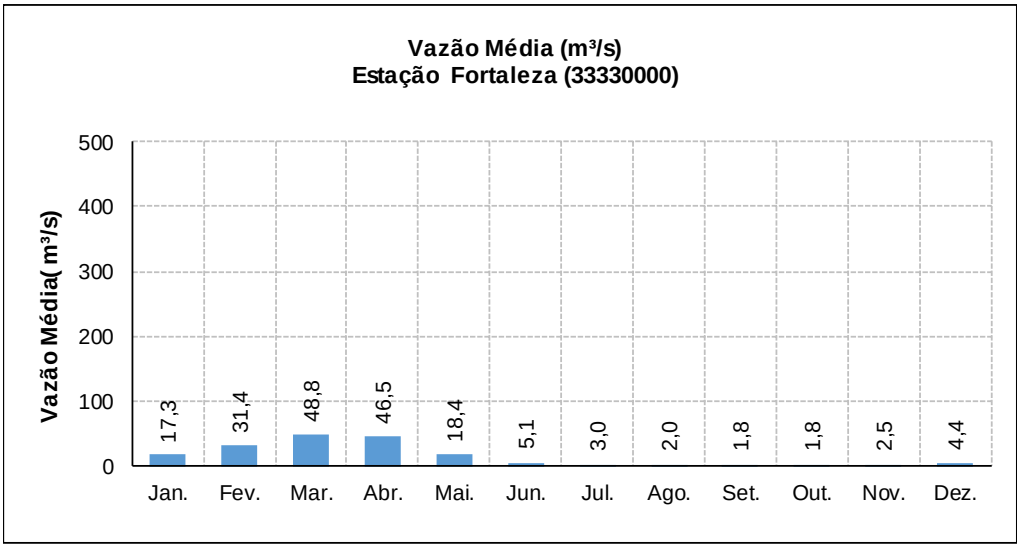


Figura 1.22 - Vazões Médias Mensais – Estação Fortaleza (33330000)

O próximo grupo da bacia do Mearim é composto por três postos fluviométricos, todos localizados no rio Grajaú, um a montante da confluência com o rio Santana (33321000) e dois a jusante (33365000 e 3338000), o último próximo a confluência com o rio Mearim (**Figuras 1.23** a **1.25**).

Os postos possuem vazão média entre 24,42 m³/s e 105,05 m³/s, variabilidade interanual entre 0,47 e 0,55, e coeficiente de escoamento entre 6% e 15%. As vazões mínimas ocorrem em agosto e setembro e as máximas entre março e abril.

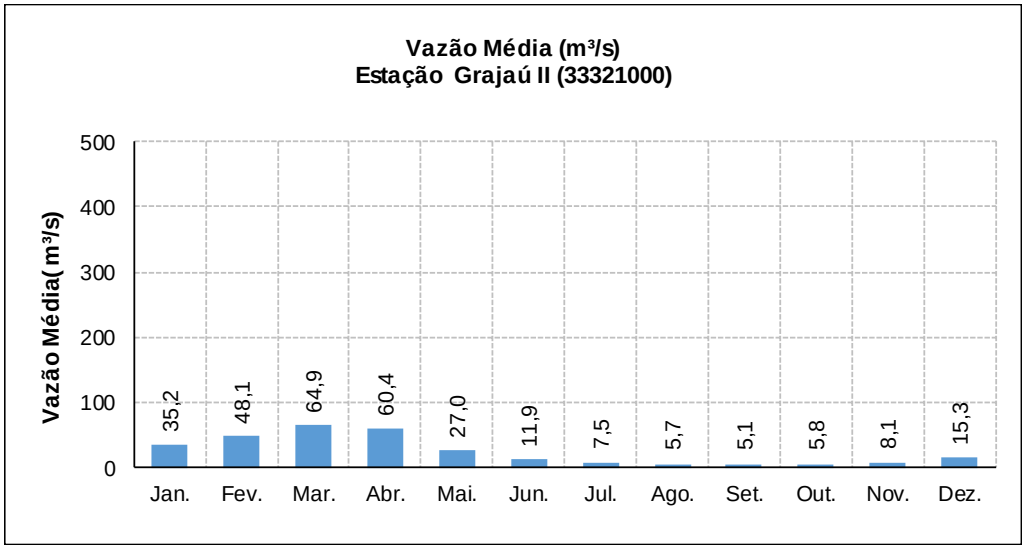


Figura 1.23 - Vazões Médias Mensais – Estação Grajaú II (33321000)

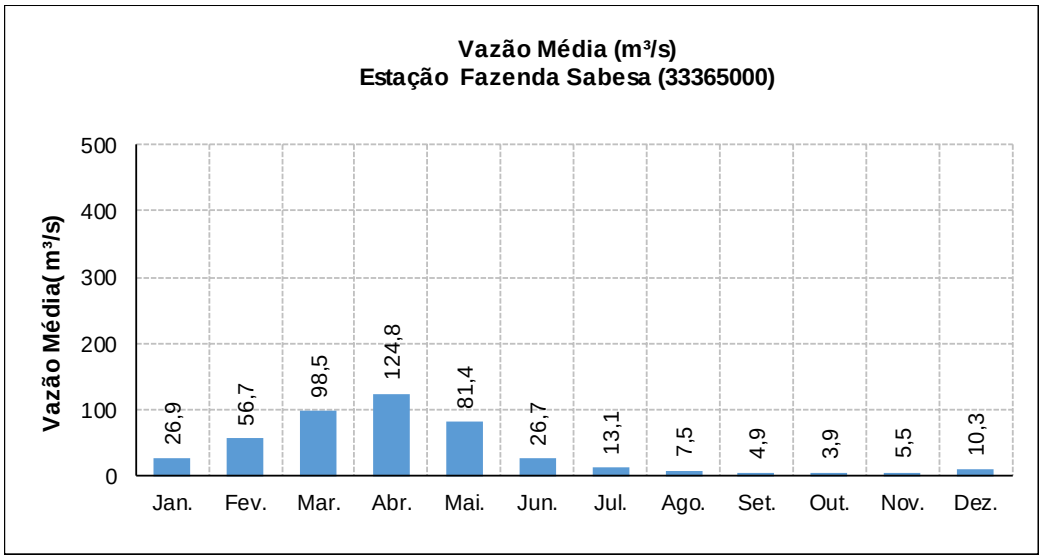


Figura 1.24 - Vazões Médias Mensais – Estação Fazenda Sabesa (33365000)

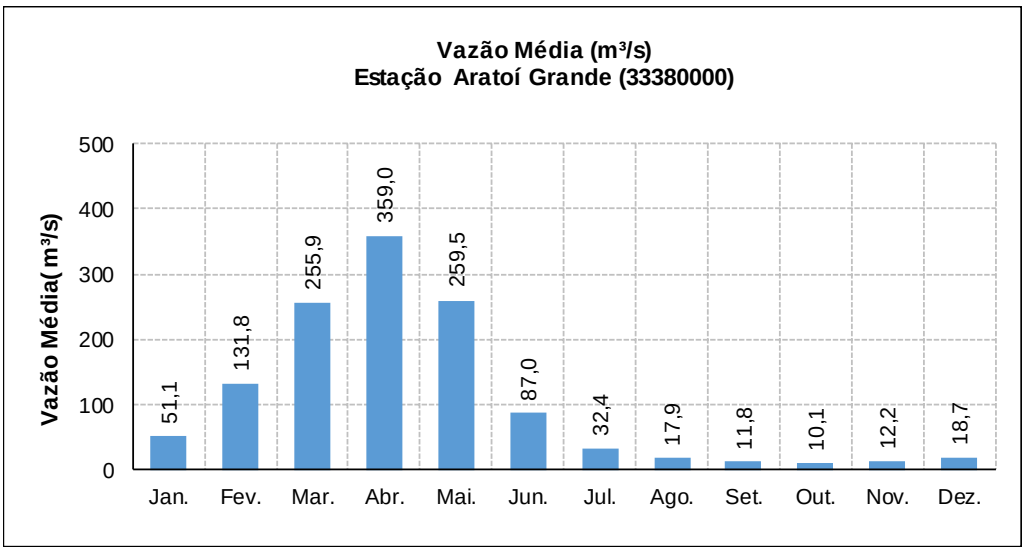


Figura 1.25 - Vazões Médias Mensais – Estação Aratoí Grande (33380000)

O último grupo é composto por quatro postos fluviométricos (3317000, 33025000, 3308000, 33190000), todos localizados no rio Pindaré, principal afluente do Mearim. Os postos possuem coeficiente de escoamento entre 8% e 10 %, variabilidade interanual entre 0,22 e 0,56, e vazões médias anuais entre 20 m³/s e 205 m³/s. Seguindo a tendência dos demais postos da bacia do Mearim, as vazões mínimas mensais ocorrem entre setembro e novembro, e as máximas entre março e maio. As **Figuras 1.26** a **1.29** apresentam as vazões médias mensais nos postos citados.

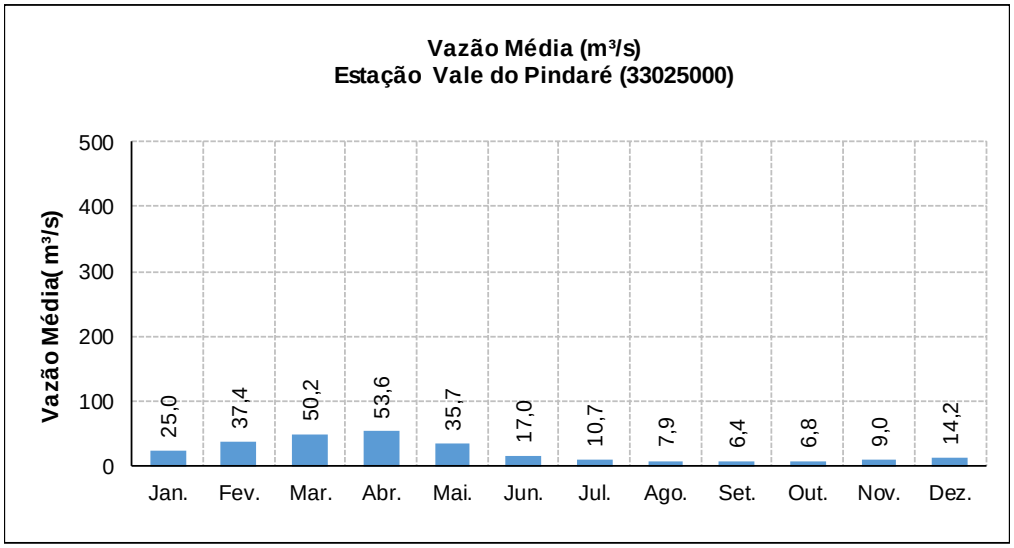


Figura 1.26 - Vazões Médias Mensais – Estação Vale do Pindaré (33025000)

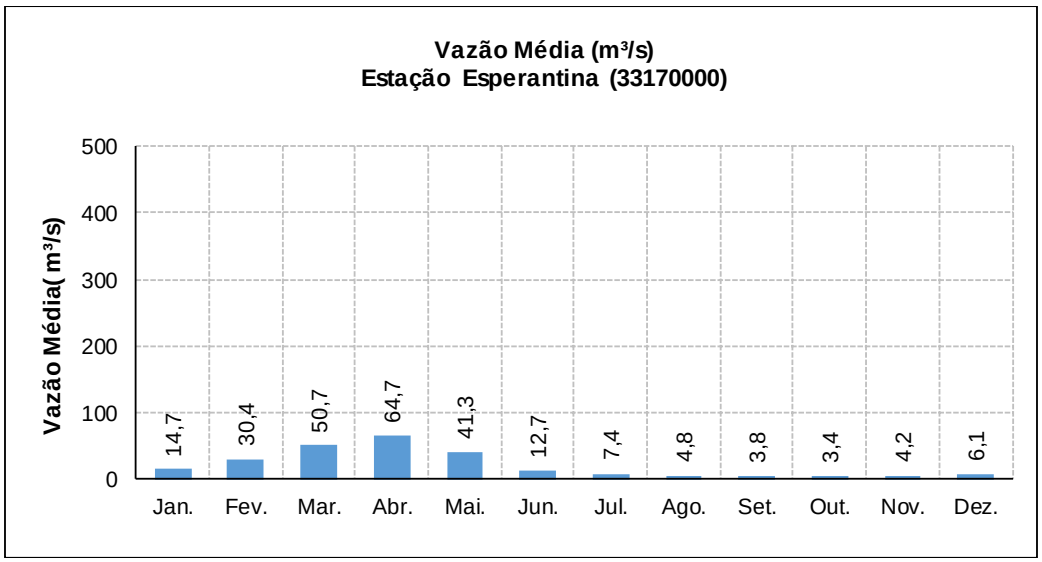


Figura 1.27 - Vazões Médias Mensais – Estação Esperantina (33170000)

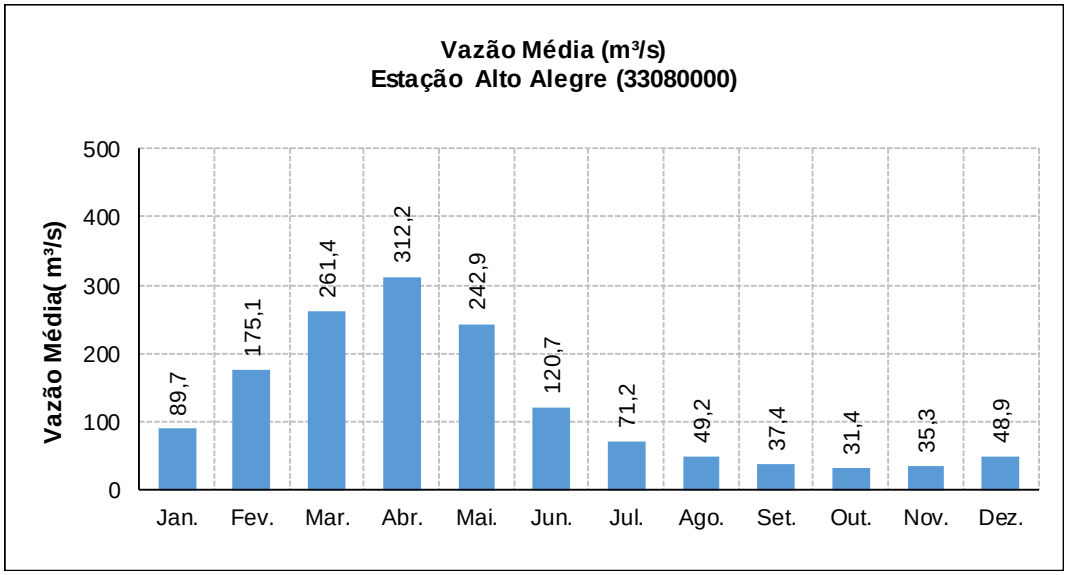


Figura 1.28 - Vazões Médias Mensais – Estação Alto Alegre (33080000)

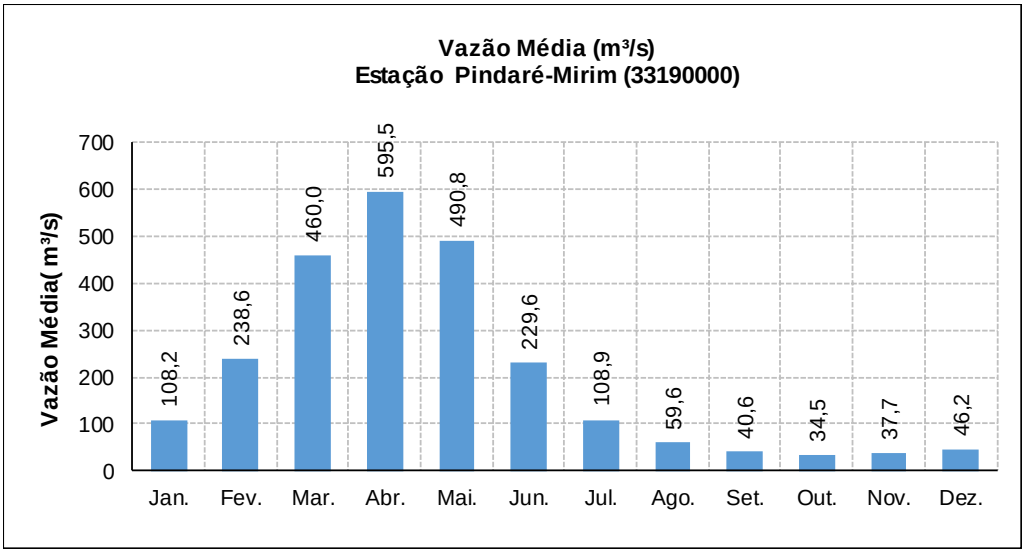


Figura 1.29 - Vazões Médias Mensais – Estação Pindaré-Mirim (33190000)

✓ Bacia do Rio Itapecuru

A bacia hidrográfica do rio Itapecuru é a segunda maior do Estado em termos de área (53.216 km²), possuindo uma população com mais 1.000.000 de habitantes em 57 municípios. Cabe destacar que a bacia do Itapecuru é a única do estado com transferência de vazões, abastecendo parte da população da capital, São Luís.

O rio Itapecuru tem como principais afluentes o rio Alparcatas, o rio Correntes, o rio Itapicuruzinho, o rio Seco, o rio Piratema, e o rio Peritoró. A bacia conta com doze postos

fluviométricos estudados, estando oito na calha principal e quatro em seus tributários, a **Figura 1.30** apresenta o diagrama unifilar da bacia, com os postos fluviométricos estudados e os principais afluentes do Itapecuru.

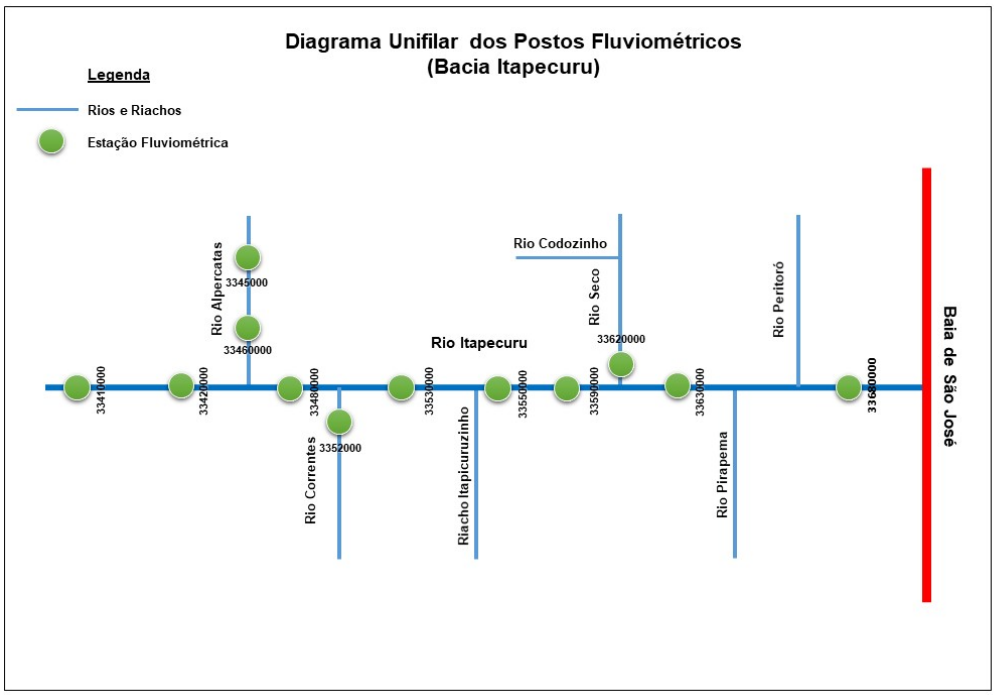


Figura 1.30 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Itapecuru

Devido a sua extensão, os postos fluviométricos foram subdivididos em quatro grupos com características semelhantes.

O primeiro sub-grupo é formado por cinco estações, estando três localizadas no alto curso do rio Itapecuru (3341000, 3342000, 3348000), e duas no rio Alparcatas (3345000 e 33460000). Neste sub-grupo percebe-se baixa amplitude de vazões ao longo do ano, principalmente nos postos mais próximos das nascentes (33410000 e 33420000). Na estação 33480000, a jusante da confluência com o rio Alparcatas, percebe-se um discreto aumento na amplitude anual. Os postos desse sub-grupo possuem baixa variabilidade interanual, entre 0,15 e 0,23, e baixo rendimento hidrológico, com coeficiente de escoamento entre 8% e 16%. As **Figuras 1.31** a **1.35** apresentam as vazões médias dos postos do primeiro grupo da bacia do Itapecuru.

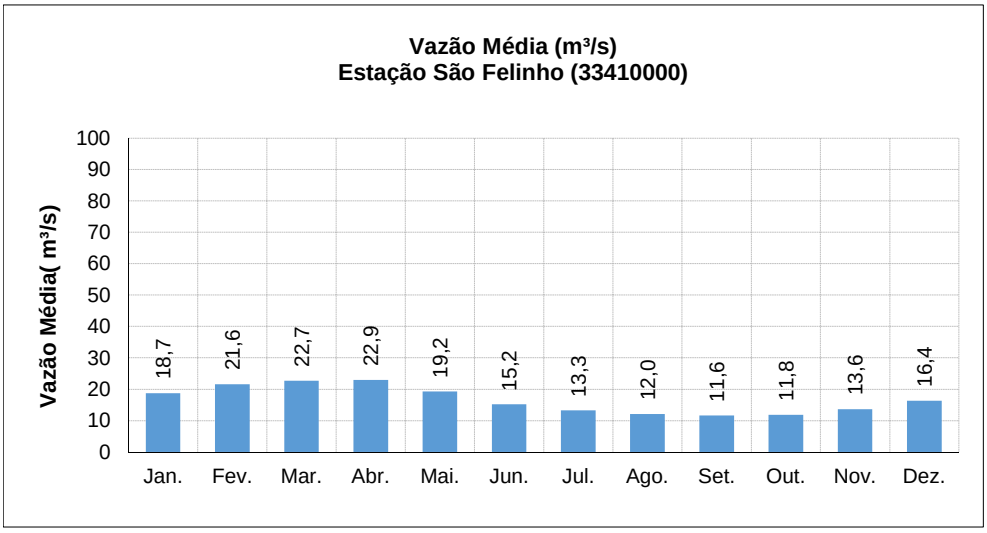


Figura 1.31 - Vazões Médias Mensais – Estação São Felinho (33410000)

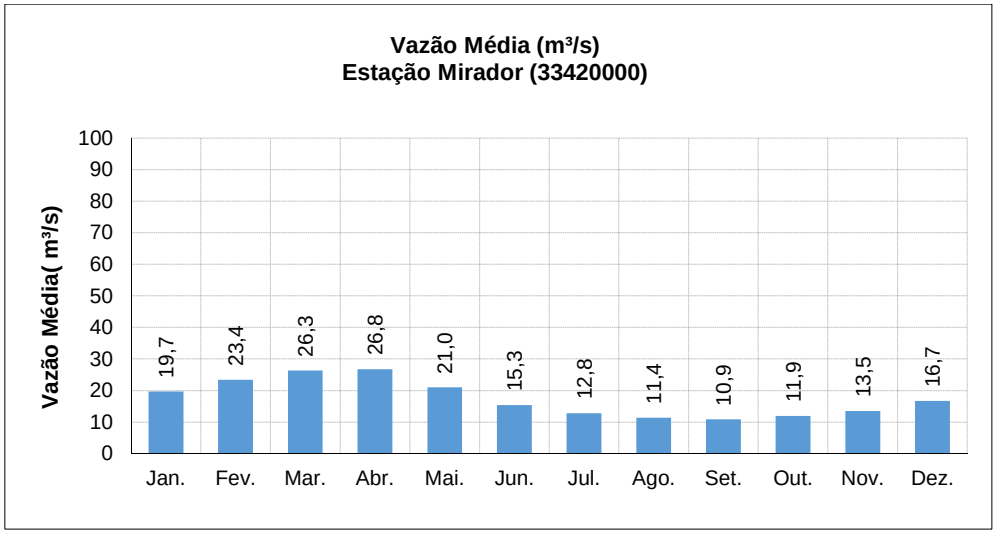


Figura 1.32 - Vazões Médias Mensais – Estação Mirador (33420000)

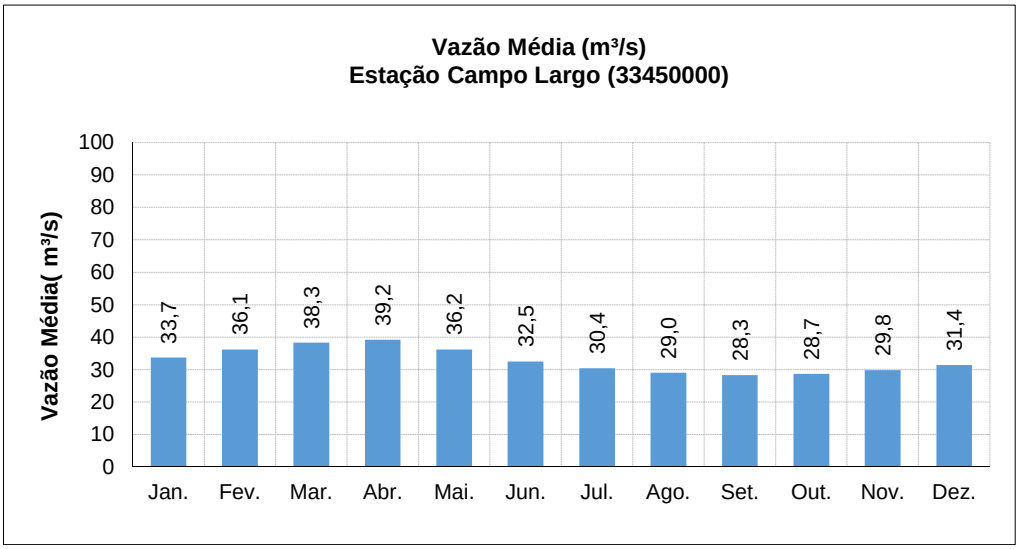


Figura 1.33 - Vazões Médias Mensais – Estação Campo Largo (33450000)

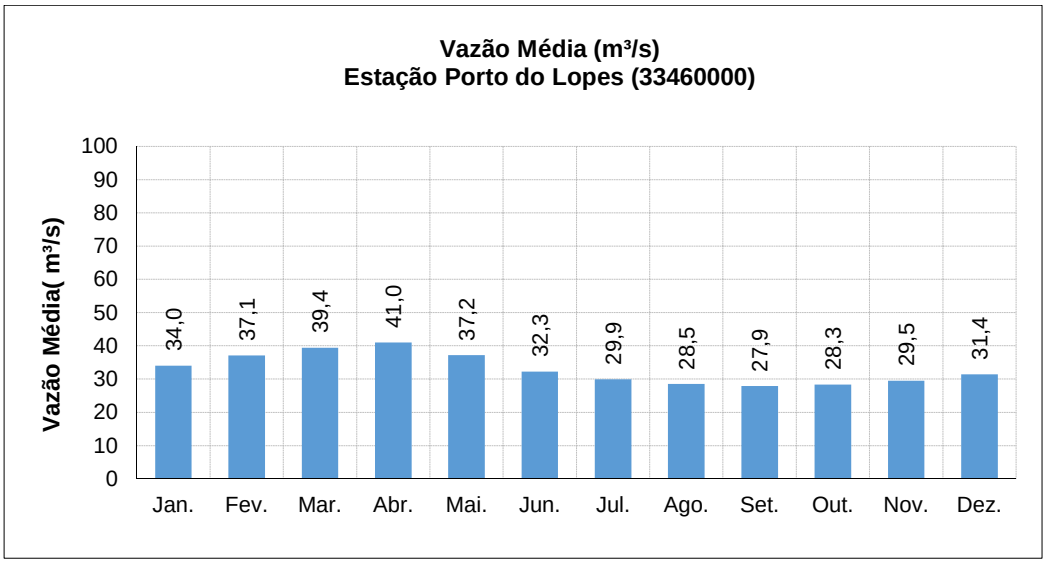


Figura 1.34 - Vazões Médias Mensais – Estação Porto do Lopes (33460000)

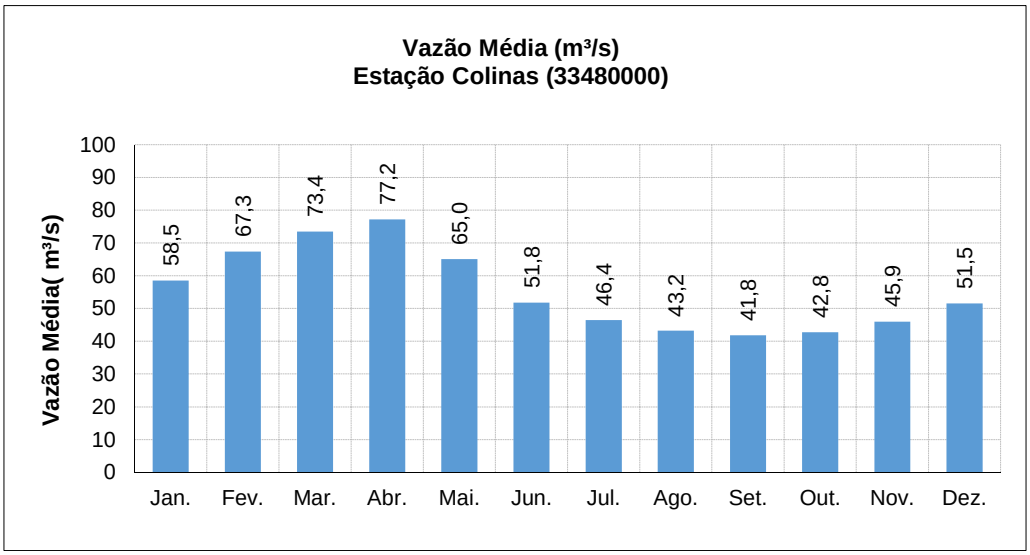


Figura 1.35 -Vazões Médias Mensais – Estação Colinas (33480000)

O segundo sub-grupo é composto por uma estação (33520000) que destoa das demais regiões da bacia do Itapecuru. A mesma se encontra no rio Correntes, afluente da margem direita do Itapecuru, apresentando alta varibialidade interanual da ordem de 0,76 e baixíssimo rendimento hidrológico, 3%, sendo a região com menor rendimento no Estado. Nos meses entre Julho e Novembro apresenta baixíssimas vazões, da ordem de 1,0 m³/s (em alguns anos com vazões próximas ou iguais a zero). Por outro lado, as máximas ocorrem em abril, com valores superiores aos 20 m³/s. A **Figura 1.36** apresenta as vazões médias mensais do posto Mendes.

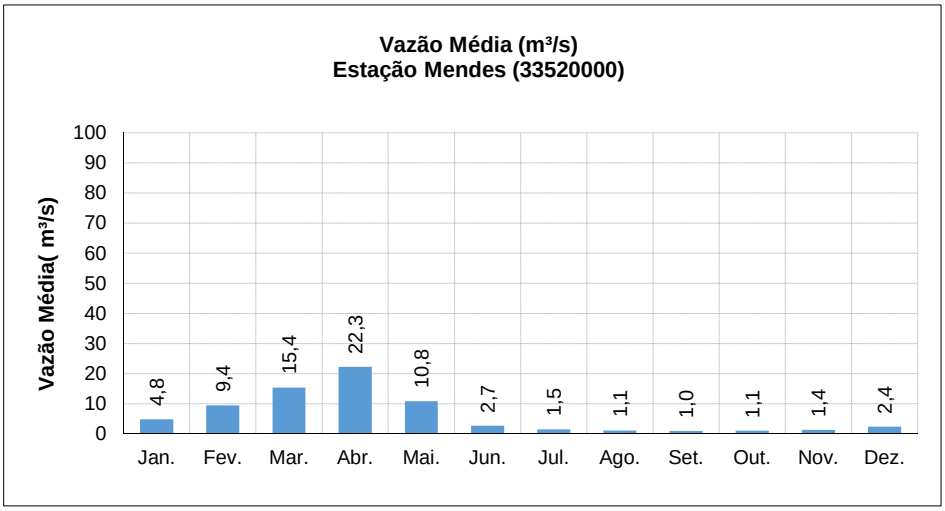


Figura 1.36 - Vazões Médias Mensais – Estação Mendes (33520000)

O terceiro sub-grupo é composto por uma estação (33620000), que apresenta características únicas na bacia do Itapecuru. Ela encontra-se no rio Seco, afluente da margem esquerda do Itapecuru, o qual apresenta alta variabilidade interanual (da ordem de 0,70). Entretanto, apresenta vazão específica e coeficiente de escoamento superior aos demais postos fluviométricos do Itapecuru, da ordem de 6,67 l/s/km² e 15%, respectivamente. Nos meses entre Julho e Novembro apresenta baixíssimas vazões, da ordem de 2,0 m³/s (em alguns anos com vazões próximas ou iguais a zero). Por outro lado, as máximas ocorrem entre março e Maio com valores superiores aos 100 m³/s, chegando a 150 m³/s em abril. A **Figura 1.37** apresenta as vazões médias mensais do posto Fazenda Sobral.

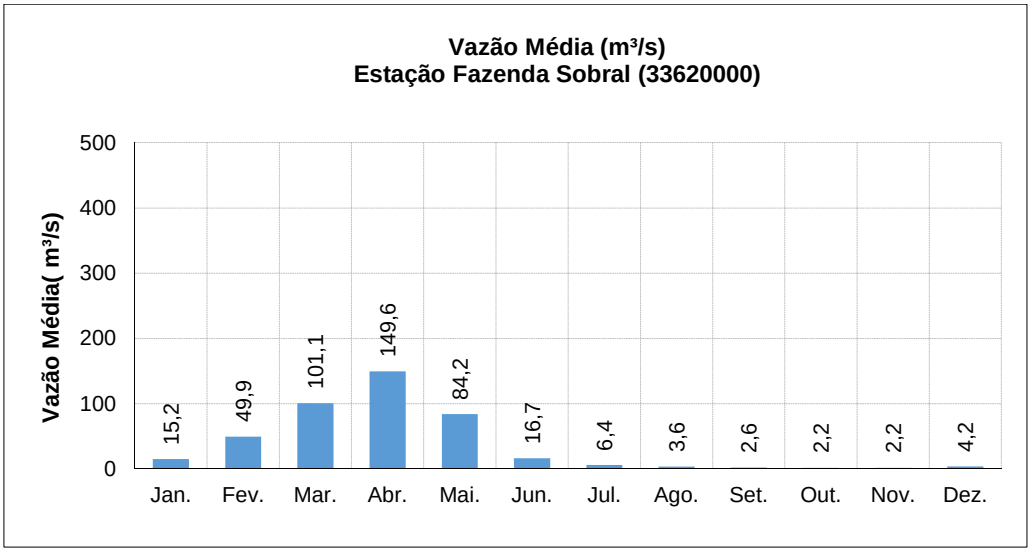


Figura 1.37 - Vazões Médias Mensais – Estação Fazenda Sobral (33520000)

O último grupo é composto por cinco estações fluviométricas todas localizadas na calha do rio Itapecuru, desde o médio até o baixo curso do rio. A primeira estação (33530000) encontra-se a jusante da confluência do rio Itapecuru com o Rio Correntes e a montante da confluência com o rio Itapicuruzinho; as duas estações seguintes (33550000 e 33590000) encontram-se a jusante do Rio Itapicuruzinho e a montante do Rio Seco. A quarta estação (33630000) encontra-se a jusante do rio Seco, e a última estação (3368000) encontra-se próximo da foz, englobando os principais afluentes do rio Itapecuru. A região é caracterizada por rendimento hidrológico baixo e homogêneo, com valores entre 5% e 9%, o mesmo com as vazões específicas dos postos, com valores entre 2,27 l/s/km² e 4,51 l/s/km². Nota-se que, conforme o rio vai passando do médio para o baixo curso, a amplitude das vazões intra anuais aumenta, tendência já percebida no alto curso do rio, nas estações do primeiro sub-grupo. A vazão média do último posto da bacia é de 142 m³/s, com pico de 760,3 m³/s em abril e mínimo em outubro, atingindo 50,8 m³/s. As **Figuras 1.38** a **1.42**, apresentam as vazões médias anuais dos postos localizados no médio e baixo curso do rio Itapecuru.

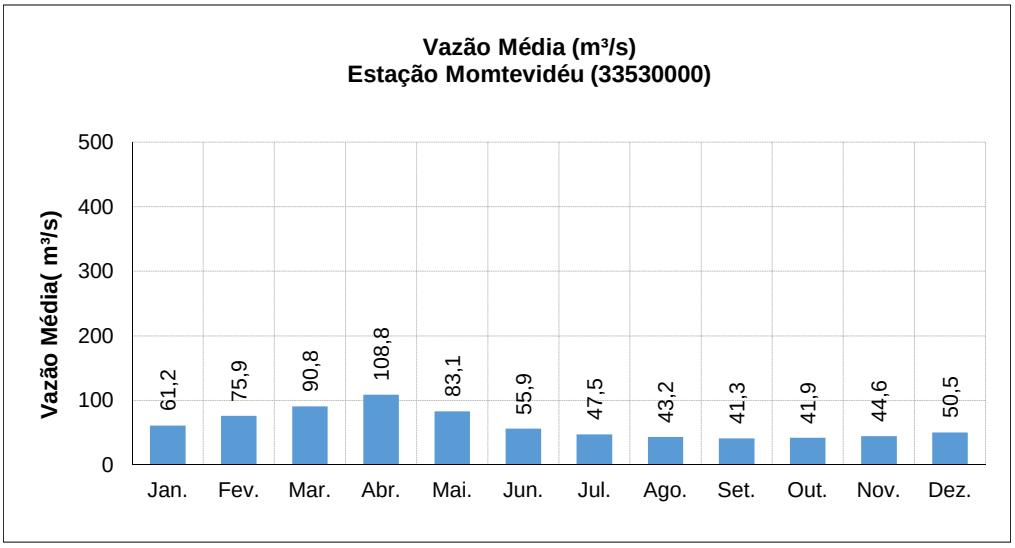


Figura 1.38 - Vazões Médias Mensais – Estação Montevidéu (33530000)

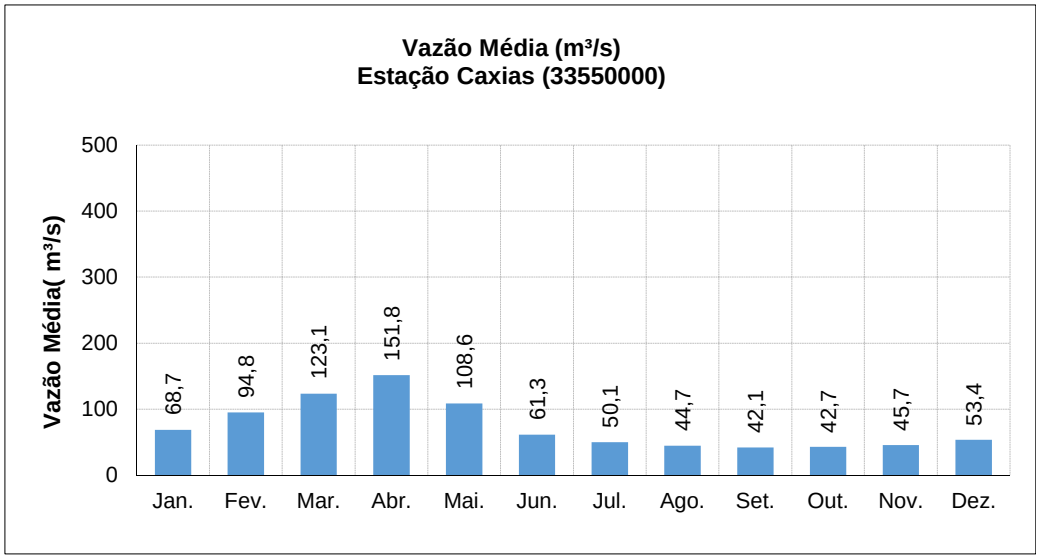


Figura 1.39 - Vazões Médias Mensais – Estação Caxias (33550000)

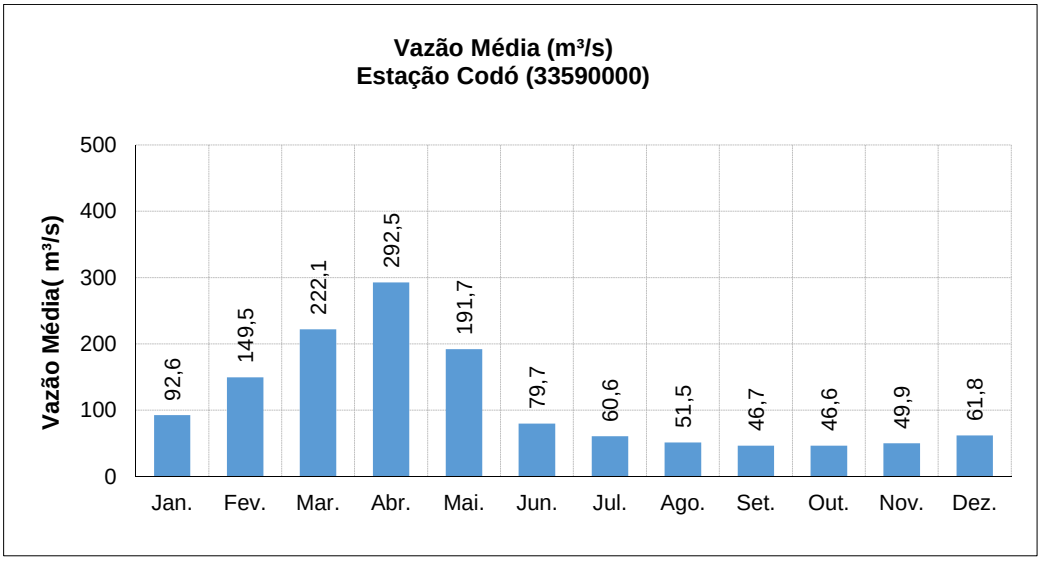


Figura 1.40 - Vazões Médias Mensais – Estação Codó (33590000)

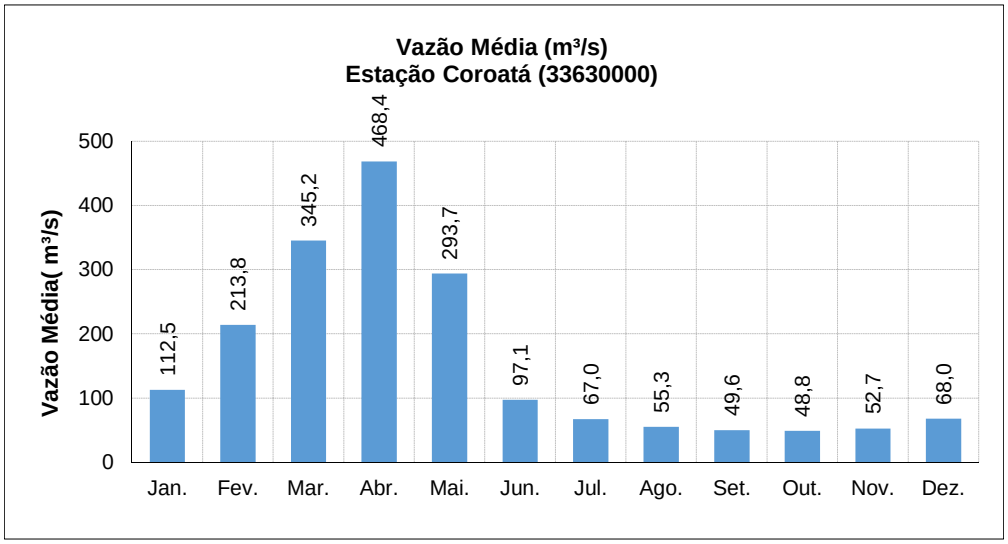


Figura 1.41 - Vazões Médias Mensais – Estação Coroatá (33630000)

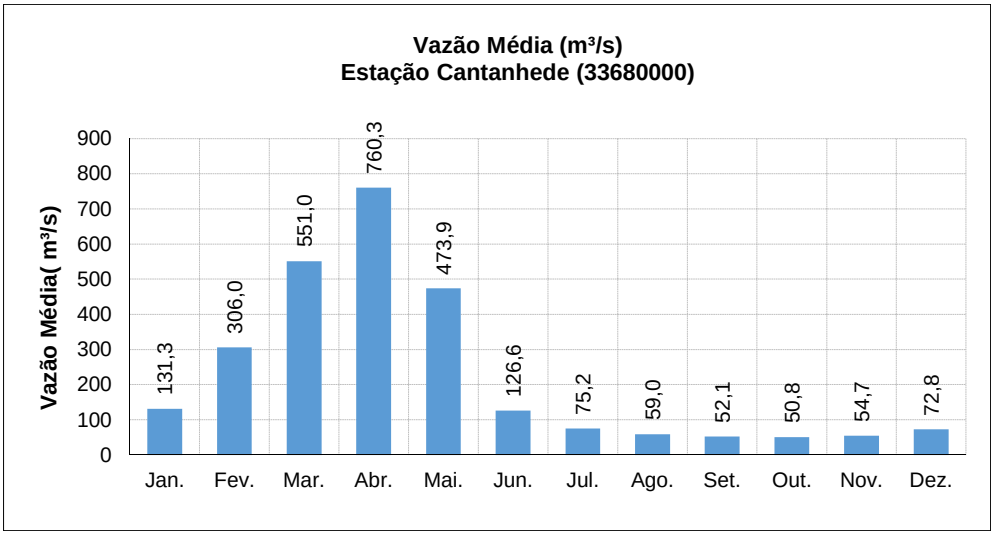


Figura 1.42 -Vazões Médias Mensais – Estação Catanhede (33680000)

✓ **Bacia do Munim**

A Bacia Hidrográfica do Rio Munim possui área de aproximadamente de 15.920,00 km², representando 4,80% da área do Estado. Suas nascentes estão localizadas nos tabuleiros da Formação Barreiras e sua foz na Baia de São José. A bacia possui quatro postos fluviométricos, todos com características hidrológicas similares. Como principais afluentes tem-se o Rio Preto, onde estão localizadas duas estações fluviométricas (33750000 e 33760000), e o rio Iguará. As outras duas estações encontram-se na calha no rio Munim, uma a montante da confluência com o rio Preto (33730000) e outra a jusante (33780000). A

Figura 1.43 apresenta o Diagrama Unifilar da bacia do rio Munim, apresentando as estações fluviométricas e ainda seus principais afluentes.

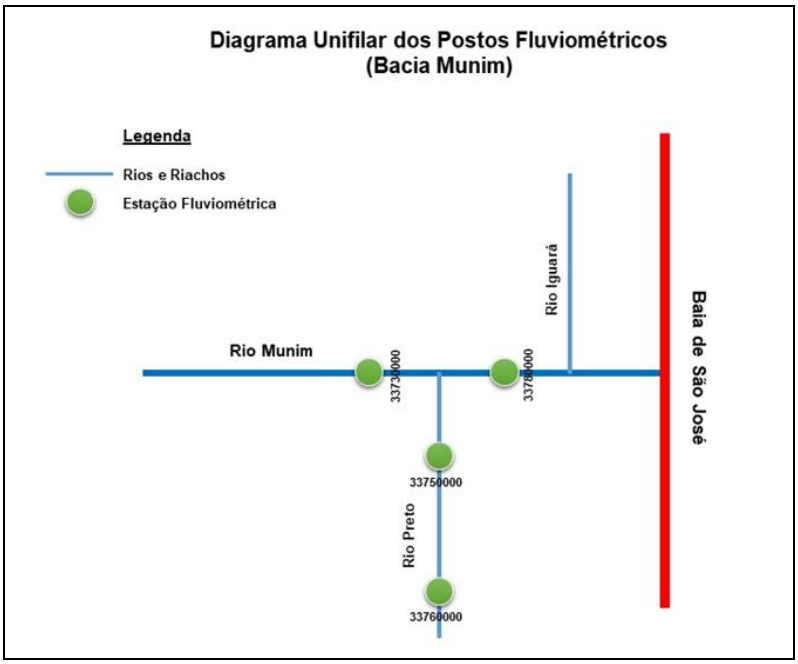


Figura 1.43 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Munim

A bacia do Munim é caracterizada por alta variabilidade interanual, variando entre 0,50 e 0,75, e coeficientes de escoamentos medianos, seguindo a tendência da maior parte das bacias do Itapecuru e Mearim, com valores variando entre 10 % e 16%. Conforme os demais postos localizados na porção mais ao norte do estado, tais postos apresentam máximas entre março e maio e mínimas entre setembro e dezembro. Tais postos também são caracterizados por uma alta amplitude intra anual. As **Figuras 1.44** e **1.47** a seguir apresentam as vazões médias mensais dos postos localizados na bacia do rio Munim.

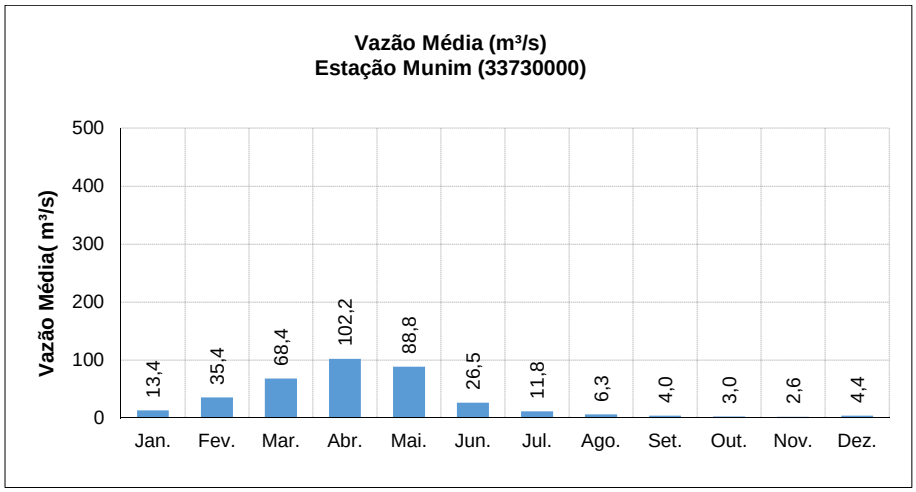


Figura 1.44 - Vazões Médias Mensais – Estação Munim (33730000)

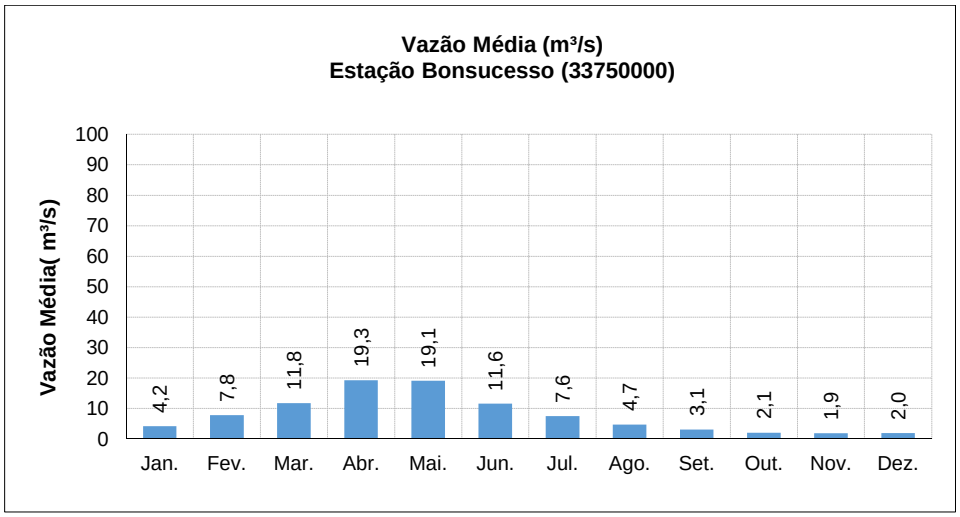


Figura 1.45 - Vazões Médias Mensais – Estação Bonsucesso (33750000)

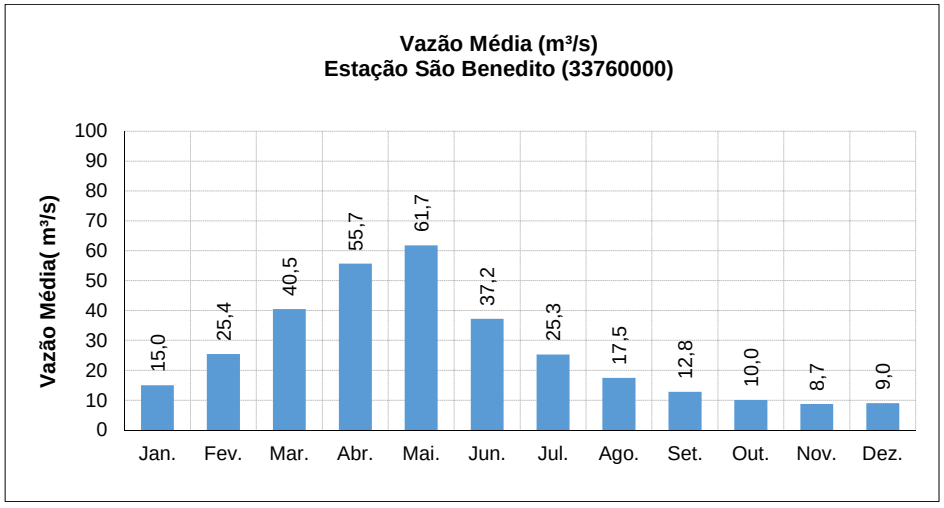


Figura 1.46 - Vazões Médias Mensais – Estação São Benedito (33760000)

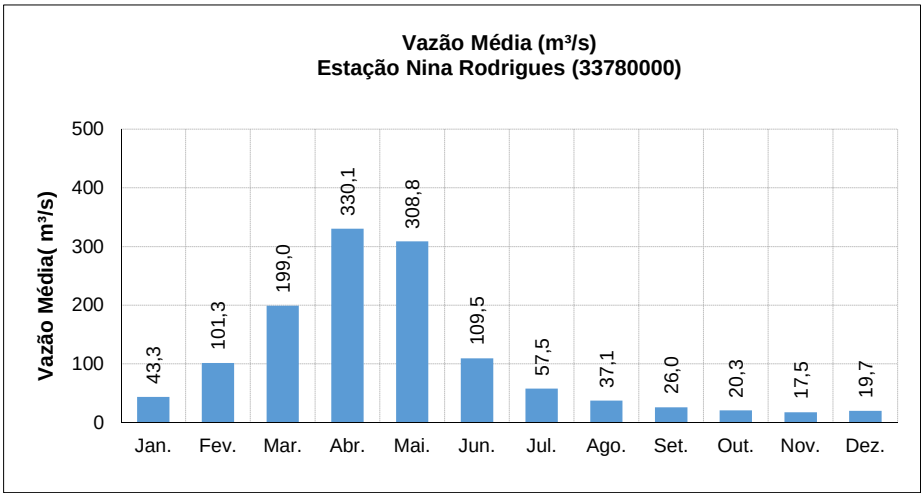


Figura 1.47 - Vazões Médias Mensais – Estação Nina Rodrigues (33780000)

✓ **Bacia do Tocantins**

A Bacia Hidrográfica do Tocantins possui área de aproximadamente de 30.660 km², representando 9,25% da área do Estado. A bacia é de domínio Federal, e é componente da região hidrográfica Tocantins-Araguaia. A bacia marca o limite territorial entre Tocantins e o Maranhão. Em parte da bacia, a divisa é marcada pelo rio Manuel Alves Grande, afluente do rio Tocantins, e posteriormente pela própria calha do rio Tocantins. Na sua porção maranhense, a bacia possui dois postos fluviométricos, um com baixas vazões (por possuir pequena bacia de contribuição) e um segundo que engloba grande parte da bacia do rio Tocantins, com vazão média de 3.870 m³/s. Apesar de possuírem vazões bem distintas entre si, os mesmos possuem características parecidas no que se refere à variabilidade interanual, à vazão específica e ao coeficiente de escoamento. O rio Tocantis é conhecido por possuir elevadas vazões ao longo de todo o ano. As cheias ocorrem entre dezembro e abril, com valores superiores aos 7.000 m³/s, e mínimas entre agosto e setembro, com médias da ordem de 1300 m³/s. As **Figuras 1.48** e **1.49** apresentam as vazões médias mensais dos postos da bacia do Tocantins localizadas em território maranhense.

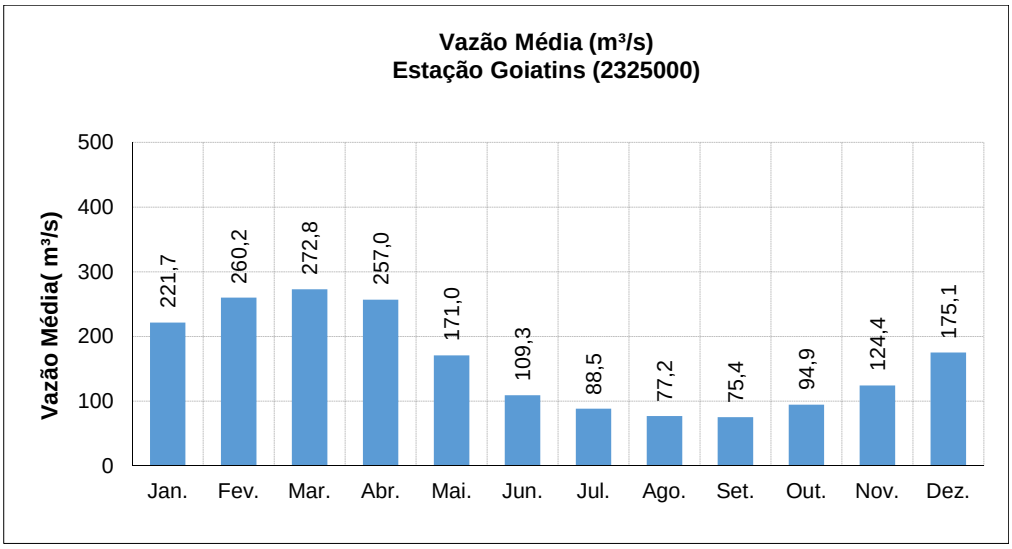


Figura 1.48 - Vazões Médias Mensais – Estação Goiatins (23250000)

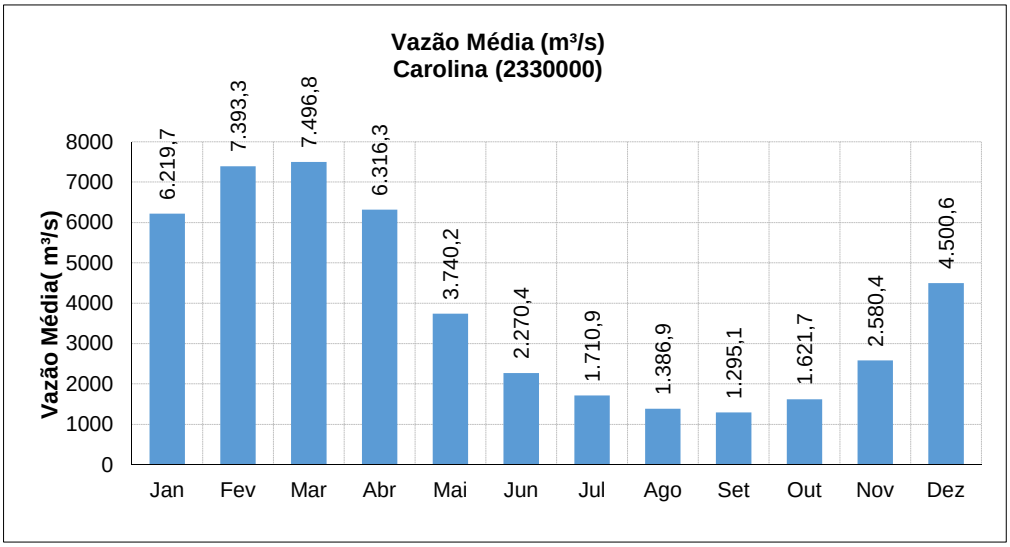


Figura 1.49 - Vazões Médias Mensais – Estação Nina Rodrigues (23300000)

✓ **Bacia do Parnaíba**

A Bacia Hidrográfica do Parnaíba possui área de aproximadamente de 66.450 km², representando 20% da área do Estado. A bacia é de domínio Federal e marca o limite territorial entre o Piauí e o Maranhão, determinado pela calha do rio Parnaíba. O rio tem as nascentes na Chapada das Mangabeiras, com elevações da ordem de 800 m. Na sua porção maranhense, a bacia possui oito postos fluviométricos com vazões médias variando entre 18,22 m³/s e 486,44 m³/s. Como principais afluentes na porção maranhense pode-se citar o Rio Paraibinha, Rio Medonho, com uma estação fluviométrica, o rio Balsas com três estações fluviométricas, o Riacho Riachão e o rio Buriti. Na porção piauiense encontra-se o rio Uruçuí Vermelho, o rio Riozinho, o Riacho da Volta, o Rio Uruçuí Preto, o rio Gurgueia, o rio Piauí , o rio Poti e o rio Longá. A **Figura 1.50** apresenta o diagrama unifiliar da bacia do Parnaíba no contexto do estado do Maranhão com as estações fluviométricas selecionadas e seus principais afluentes.

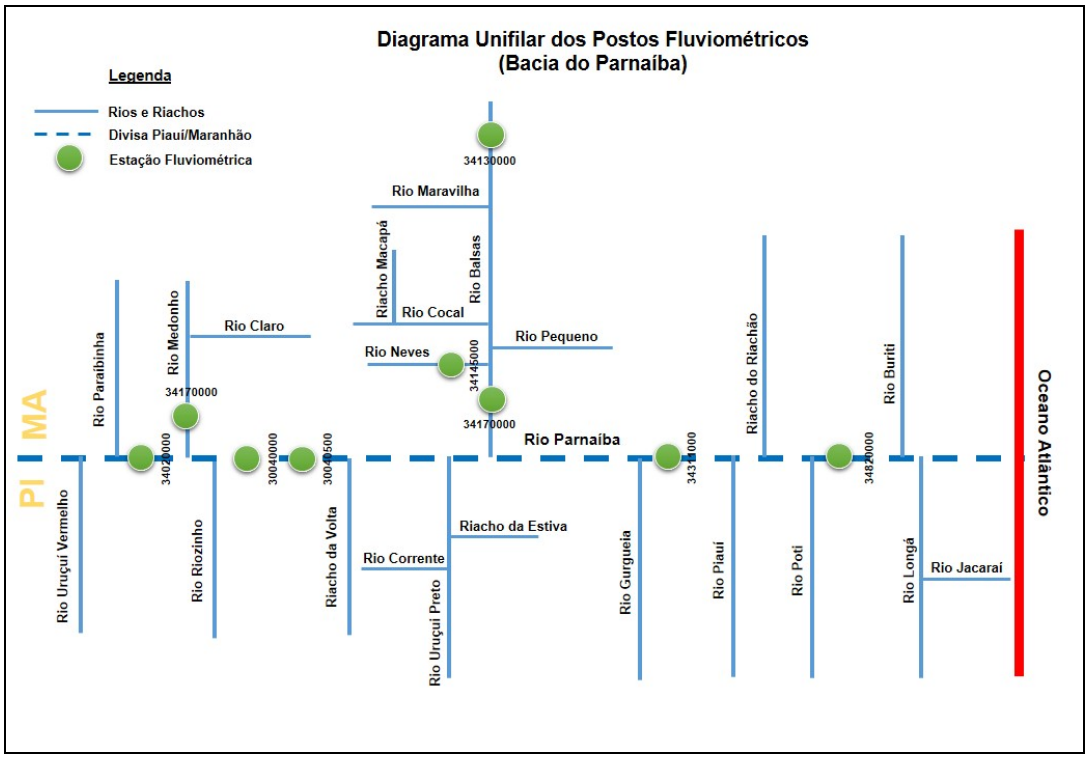


Figura 1.50 - Diagrama Unifilar da Bacia do Parnaíba

A bacia do Parnaíba apresenta baixa variabilidade de vazões interanuais, variando entre 0,11 e 0,22, e possui valores de coeficiente de escoamento medianos, variando de 9% a 25%. Para a explanação do regime de vazões na bacia, os postos foram subdivididos em três grupos: o primeiro com as três estações localizadas no rio Balsas, o segundo com quatro estações localizados no médio e alto Parnaíba, e um último grupo, com um posto localizado no baixo Parnaíba.

As estações fluviométricas localizadas na bacia do rio Balsas possuem características homogêneas com coeficiente de variação entre 0,15 e 0,22 e coeficientes de escoamento variando entre 21% e 25%. O posto 34130000 encontra-se no alto curso do rio Balsas, enquanto o posto 34170000 está localizado nas proximidades da confluência do rio Balsas com o Parnaíba; o terceiro posto, 34145000, encontra-se no rio Neves, afluente do rio Balsas.

As estações presentes no rio Balsas possuem baixa amplitude de vazões mensais, principalmente no baixo curso, tal tendência começa a diminuir conforme o rio Balsas recebe mais afluentes (**Figuras 1.51** a **1.53**). As vazões máximas, ao longo de todo o rio, acontecem entre fevereiro e abril e as mínimas, entre julho e setembro.

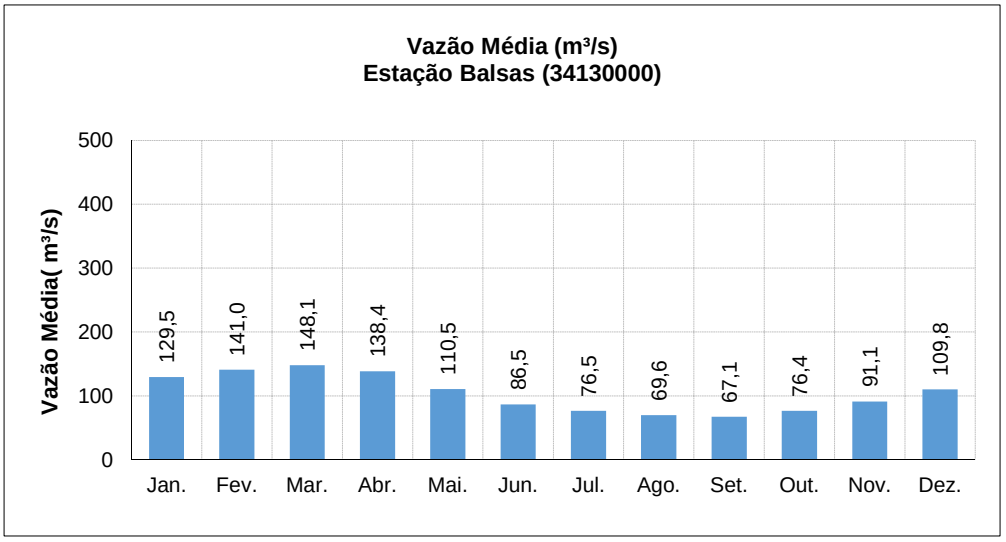


Figura 1.51 - Vazões Médias Mensais – Estação Balsas (34130000)

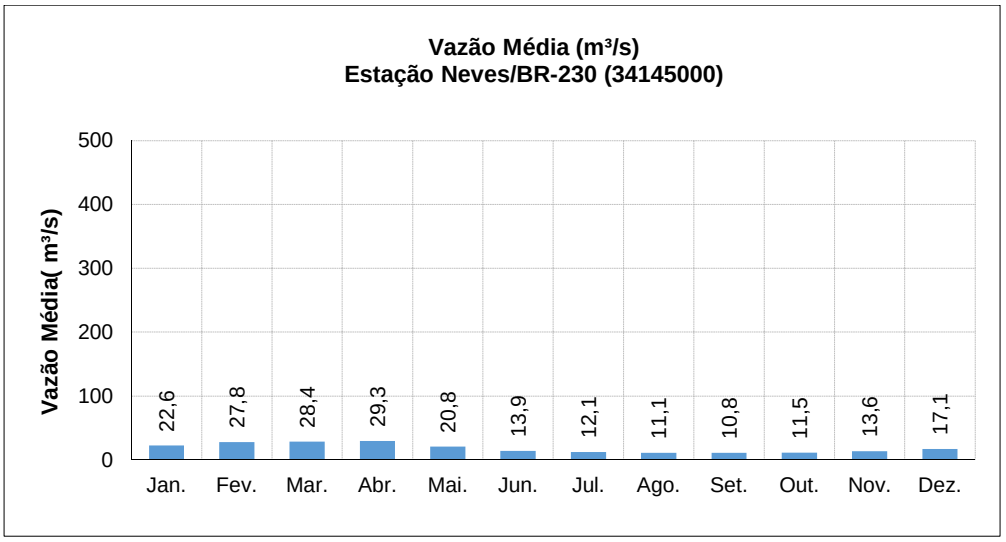


Figura 1.52 - Vazões Médias Mensais – Estação Neves/BR-230 (34145000)

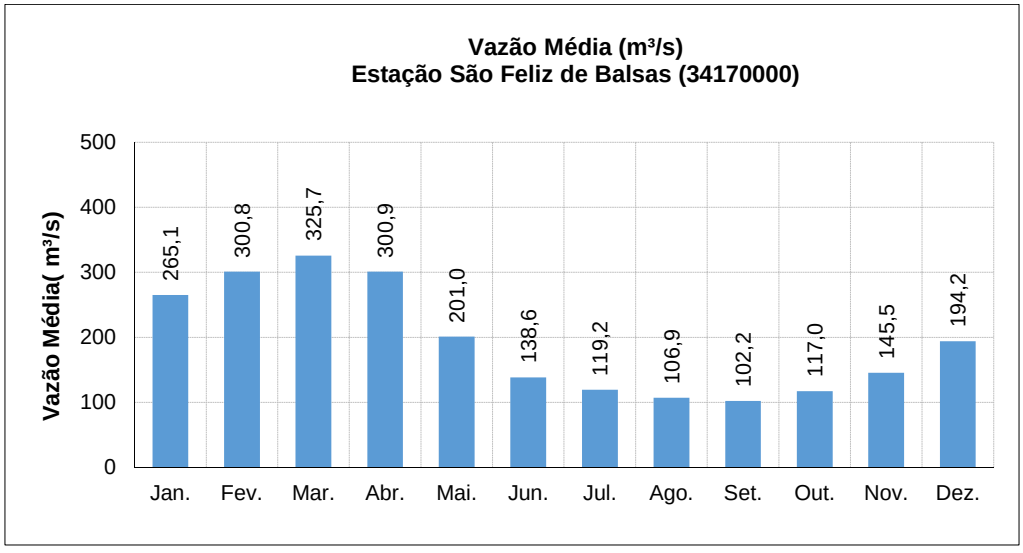


Figura 1.53 - Vazões Médias Mensais – Estação São Feliz de Balsas (34170000)

O segundo grupo possui três postos na calha do Parnaíba (34020000, 34040000, 34040500) e um no rio Medonho (34030000), afluente do Parnaíba, ainda no alto curso do rio. Os postos apresentam valores bem similares de vazão específica, variando entre 7,70 l/s/km² e 9,84 l/s/km³ e coeficiente de variação entre 0,09 e 014, valores mais baixos que os observados nos outros postos da bacia. As vazões máximas ocorrem entre dezembro e março, com pico em fevereiro, e as mínimas ocorrem entre julho e setembro. As **Figuras 1.54** a **1.57** apresentam o regime de vazões médias mensais das quatro estações citadas.

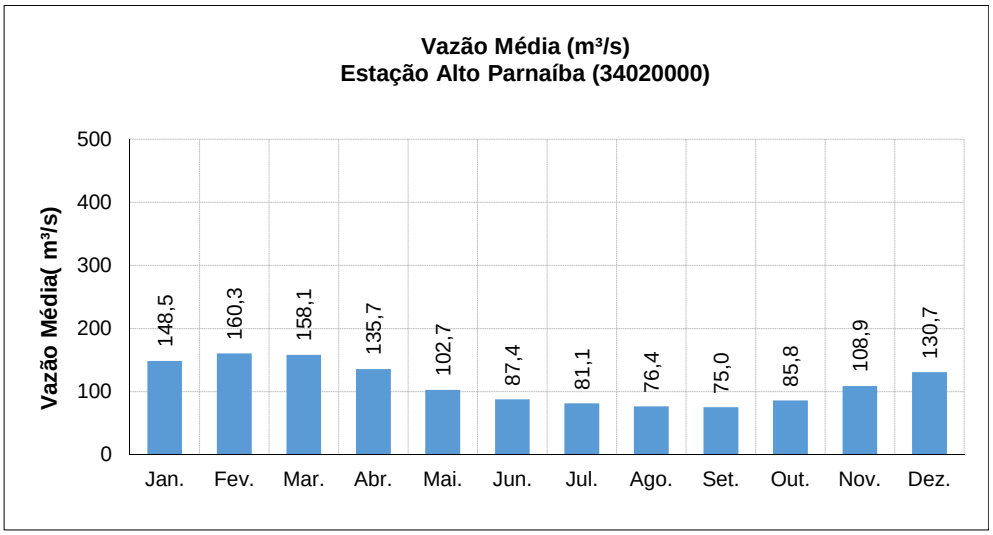


Figura 1.54 - Vazões Médias Mensais – Estação Alto Parnaíba (34020000)

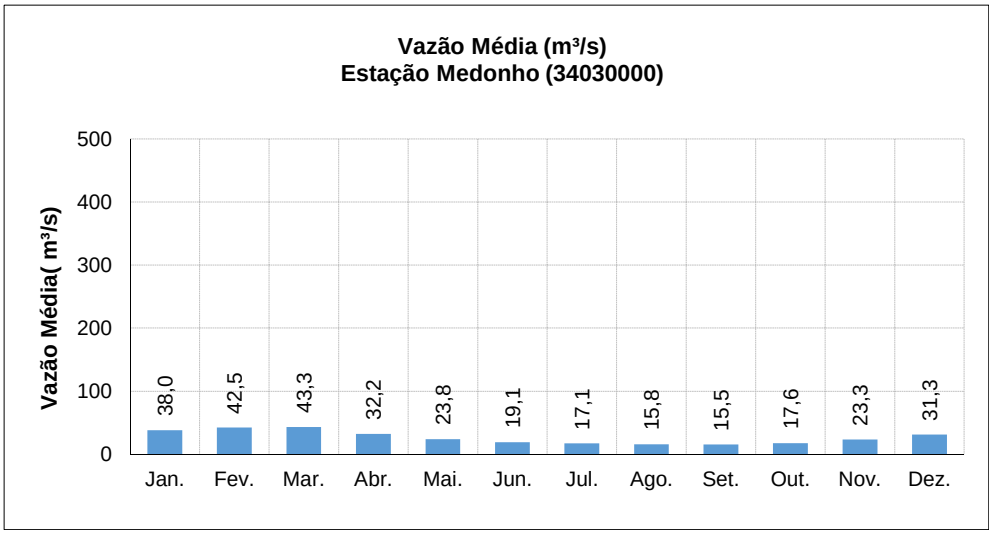


Figura 1.55 - Vazões Médias Mensais – Estação Medonho (34030000)

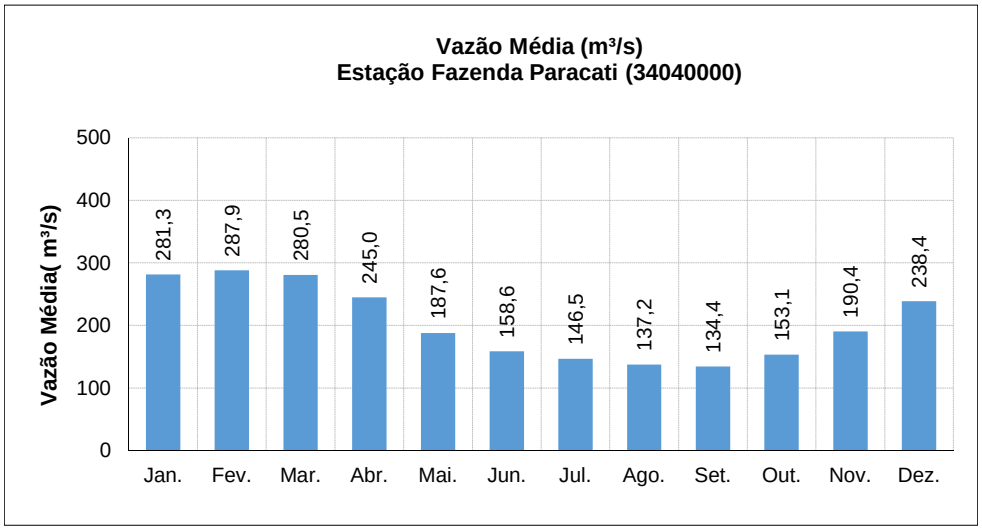


Figura 1.56 - Vazões Médias Mensais – Estação Fazenda Paracati (34040000)

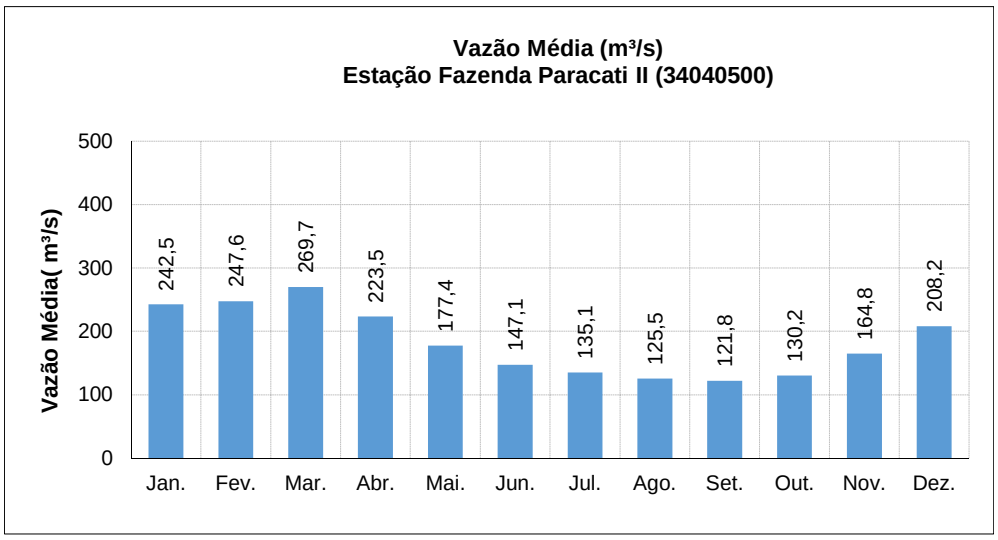


Figura 1.57 - Vazões Médias Mensais – Estação Paracati II (34040500)

O último grupo, composto por uma estação fluviométrica (34311000), está localizada no baixo curso do Parnaíba e possui baixo coeficiente de escoamento. Grande parte da sua área de contribuição está inserida no estado do Piauí, de clima semiárido. O posto possui baixa vazão específica (4,23 l/s/km²), baixo coeficiente de escoamento (9%) e a variabilidade interanual da ordem de 0,22, como os demais postos da bacia. Os picos das vazões no posto ocorrem em março, atingindo valores superiores aos 670 m³/s; as mínimas ocorrem entre julho e setembro, conforme os demais postos da bacia. A **Figura 1.58** apresenta o regime fluviométrico médio mensal no posto 34311000

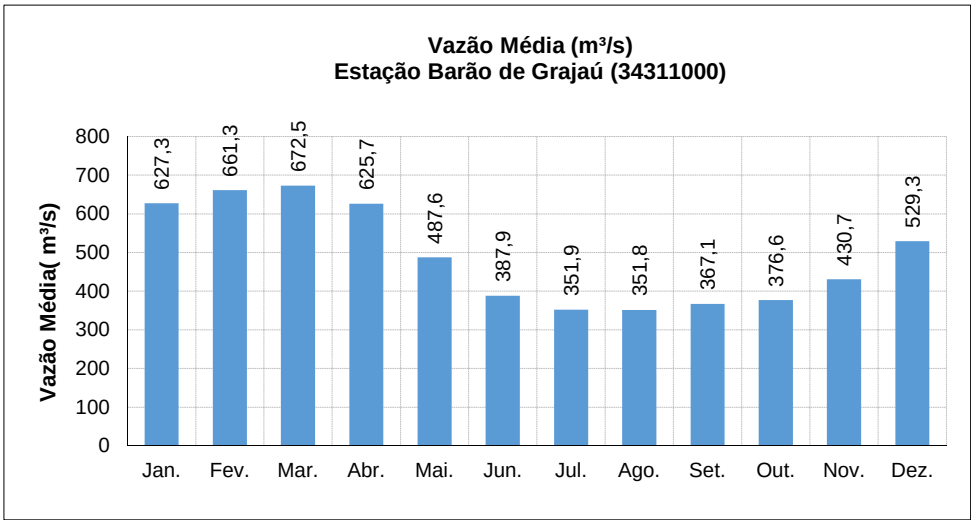


Figura 1.58 - Vazões Médias Mensais – Estação Barão do Grajaú (34311000)

1.3. Caracterização do Regime de Evaporação e de Precipitação nas Bacias do Estado do Maranhão

A caracterização do regime mensal de evaporação e precipitação fornecerá subsídios às etapas subsequentes do estudo de disponibilidade hídrica, no que diz respeito à estimativa das vazões regularizadas pelos reservatórios acima de 10 hm³ e serviu ainda para a determinação dos coeficientes de escoamento das bacias estudadas. A fonte de dados de evaporação é o INMET - Instituto Nacional de Meteorologia e, a de precipitação, o Sistema Hidroweb da ANA - Agência Nacional de Águas.

1.3.1. Evaporação

Existem doze estações climatológicas no Estado, todas pertencentes ao INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Os dados destas estações estão disponíveis nas Normais Climatológicas (INMET, 1992), relativas ao período 1961-1990 (**Tabela 1.4**).

Tabela 1.4 - Relação das estações climatológicas existentes no Estado do Maranhão

Código	Nome	Latitude	Longitude	Altitude (m)
82460	Bacabal	04°13'S	44°46'W	25,1
82768	Balsas	07°32'S	46°02'W	259,4
82571	Barra do Corda	05°30'S	45°14'W	153,0
82765	Carolina	07°20'S	47°28'W	192,8
82476	Caxias	04°52'S	43°21'W	103,6
82382	Chapadinha	03°44'S	43°21'W	103,5
82676	Colinas	06°02'S	44°14'W	179,8
82568	Grajaú	05°49'S	46°28'W	163,1
82564	Imperatriz	05°32'S	47°29'W	123,3
82280	São Luís	02°32'S	44°13'W	50,9
82198	Turiaçu	01°34'S	45°22'W	44,1
82376	Zé Doca	03°16'S	45°39'W	45,3

Visto que os dados de evaporação servirão como base apenas para as simulações dos reservatórios, foram selecionadas três estações que caracterizam bem o regime dos locais onde estão localizados os reservatórios que serão estudados.

Entretanto, visando um melhor entendimento do clima das bacias hidrográficas do Estado, a **Figura 1.59** apresenta o mapa de Evapotranspiração Potencial de todo o estado do Maranhão, com os dados fornecidos pelo NUGEO.

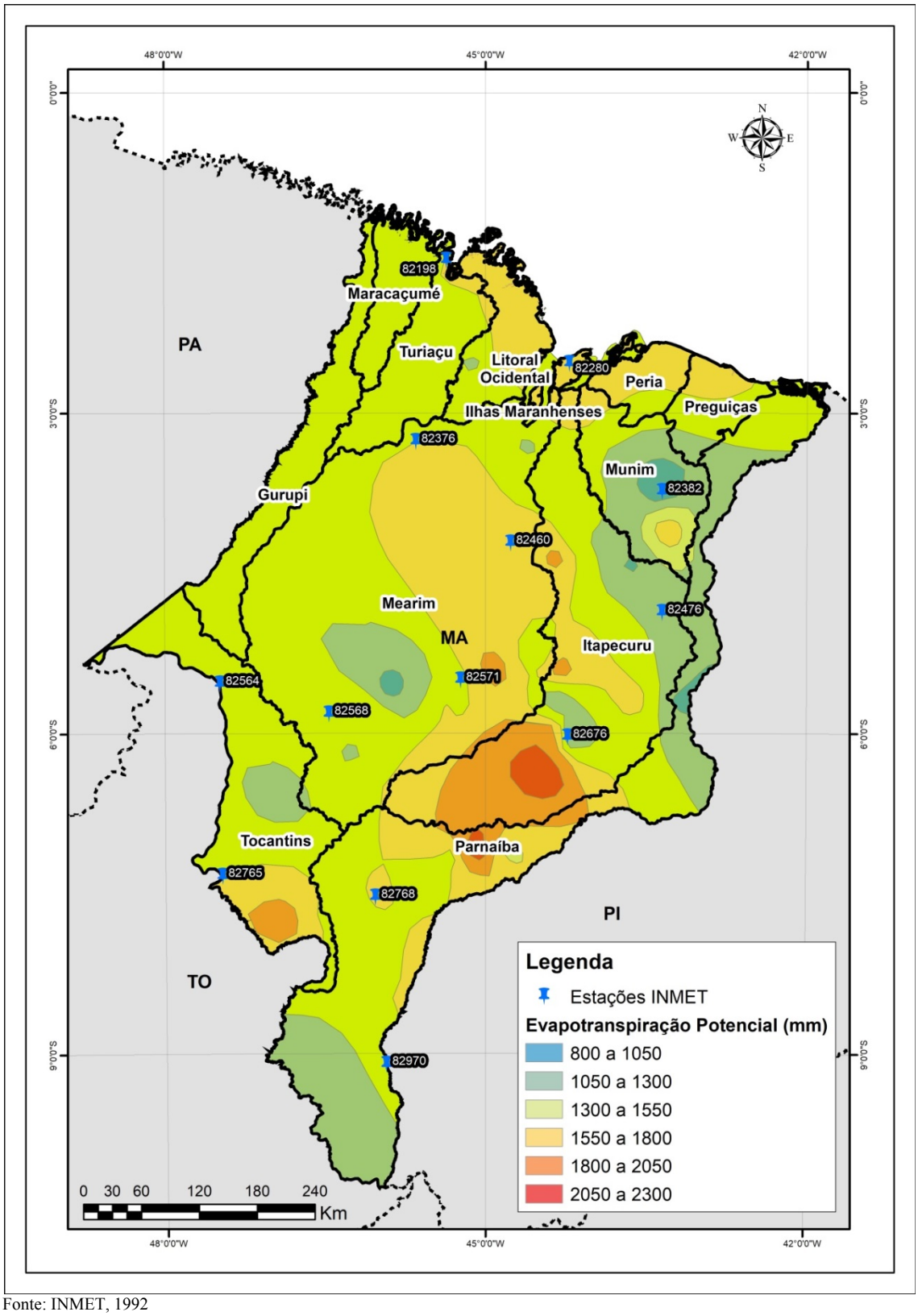
Percebe-se valores mais elevados de evapotranspiração no Alto Itapecuru, na porção central do estado, assim como no médio Mearim e no litoral, nas bacias do Periá, Turiaçu e Ilhas litorâneas. Em contraponto, os menores valores são percebidos na porção leste do Estado, nas bacias do Munim e Parnaíba.

A **Tabela 1.5** apresenta as estações climatológicas selecionadas para o estudo em função da localização dos reservatórios a serem analisados neste estudo.

Tabela 1.5 - Relação das Estações Climatológicas

Código	Nome
82571	Barra do Corda
82476	Caxias
82280	São Luís

Fonte: INMET, 1992



Fonte: INMET, 1992

Figura 1.59 - Mapa da Localização das Estações Climatológicas do Estado do Maranhão

1.3.1.1. Estação Climatológica de Barra do Corda

A evaporação anual média observada em Barra do Corda foi de 1.365,70 mm, com máxima em agosto e mínima em abril. A distribuição ao longo dos meses pode ser observada na **Tabela 1.6** e na **Figura 1.60**.

Tabela 1.6 - Evaporação mensal média na Estação Barra do Corda (mm).

Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Barra do Corda	70,4	59,5	60,0	54,1	78,2	116,6	170,0	202,8	185,7	151,9	124,3	92,2	1365,7

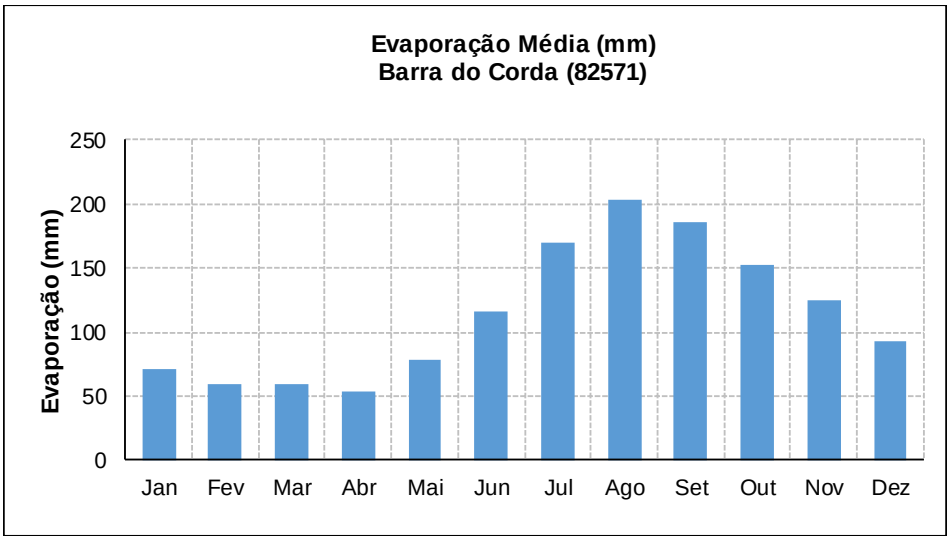


Figura 1.60 - Evaporação média mensal em Barra do Corda.

1.3.1.2. Estação Climatológica de Caxias

Na estação de Caxias observou-se uma alta taxa de evaporação; a média anual observada foi de 1.318,7 mm, com máxima em agosto e mínima em abril, distribuída ao longo dos meses segundo a **Tabela 1.7** e **Figura 1.61**.

Tabela 1.7 - Evaporação mensal média na Estação Caxias (mm).

Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Caxias	76,2	59,1	56,7	53,3	70,4	96,6	131,4	159,6	180,4	166,8	149,6	118,6	1318,7

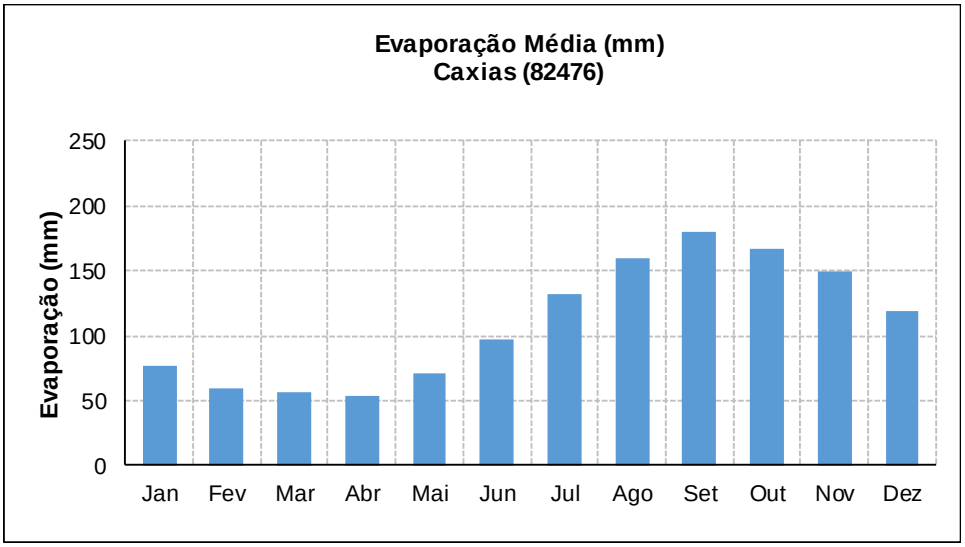


Figura 1.61 - Evaporação média mensal em Caxias

1.3.1.3. Estação Climatológica de São Luís

A estação São Luís apresenta evaporação média anual de 1.444,0 mm, máxima em novembro e mínima em abril. A evaporação foi distribuída ao longo dos meses, segundo a **Tabela 1.8** e **Figura 1.62**.

Tabela 1.8 - Evaporação mensal média na Estação São Luís (mm).

Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
São Luís	78,8	52,7	53,8	46,7	55,0	67,8	77,4	94,6	116,1	126,4	130,4	111,7	1011,4

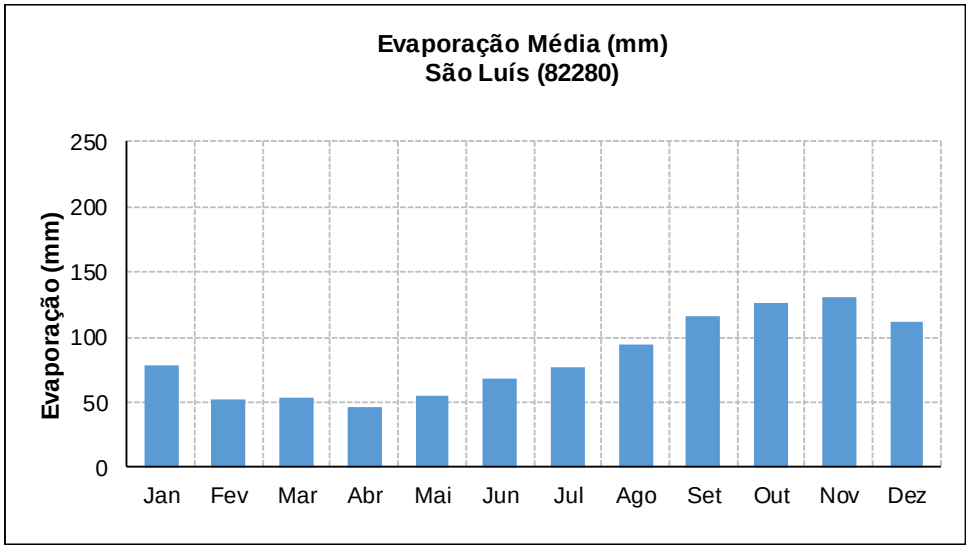


Figura 1.62 - Evaporação média mensal em São Luís.

1.3.2. Precipitação

Segundo o banco de dados Hidroweb da ANA, existem 373 postos pluviométricos no Estado do Maranhão. Destes, apenas 91 postos apresentam séries de dados com boa amplitude de anos e qualidade de dados. Para este estudo, além dos postos localizados no Maranhão, foram utilizados ainda quatro postos do Estado do Pará e três postos do Estado do Tocantins, a fim de uma melhor caracterização do regime de chuvas das bacias e sistemas hidrográficos do Maranhão. A **Tabela 1.9** apresenta os 98 postos utilizados, bem como suas principais características.

Tabela 1.9 – Postos pluviométricos selecionados para caracterização do regime de chuvas no Maranhão

Código	Nome	Estado	Latitude	Longitude	Início da coleta de dados	Precipitação Anual (mm)
144002	Cururupu	MA	-1,83	-44,87	out/86	1940,5
145004	Turiaçu	MA	-1,67	-45,37	jul/76	2179,5
145006	Cândido Mendes	MA	-1,46	-45,73	jun/86	2393,2
242002	Barro Duro	MA	-2,90	-42,31	abr/84	1327,7
244011	Guimarães	MA	-2,13	-44,61	set/86	2392,8
244012	São Bento	MA	-2,70	-44,82	set/86	1881,6
245001	Alto Turi	MA	-2,95	-45,66	jan/72	1851,4
245003	Maracacume	MA	-2,05	-45,96	dez/71	1954,4
245007	Br-316 / Rio Paruá	MA	-2,50	-45,78	set/81	1851,5
245008	Pedro Rosário	MA	-2,97	-45,36	ago/84	2377,1
245009	Pimenta	MA	-2,59	-45,37	out/84	1595
245010	Pinheiro	MA	-2,52	-45,09	mar/86	1653,8
245011	Santa Helena	MA	-2,27	-45,27	mar/86	1699,6
342009	Barra Da Onça	MA	-3,36	-42,72	abr/84	1521,2
343001	Iguará	MA	-3,55	-43,87	dez/71	1724,8
343003	Nina Rodrigues	MA	-3,46	-43,90	fev/70	1665,5
343004	Munim	MA	-3,46	-43,90	dez/71	1639
343008	Chapadinha	MA	-3,73	-43,35	ago/76	1612
343009	Mata Roma	MA	-3,63	-43,11	abr/84	1535,5
343010	Brejo Do Meio	MA	-3,94	-43,52	ago/84	1499,10
343011	Gonçalo	MA	-3,04	-43,24	ago/84	1571,3
344004	Cantanhede	MA	-3,63	-44,38	mai/68	1935,7
344007	Piritoró Ii	MA	-3,71	-44,29	dez/71	1721,3
344008	Pedras	MA	-3,94	-44,02	jul/79	1663,1
344010	Presidente Juscelino	MA	-3,08	-44,08	jan/83	2047,1
344011	São Mateus Do Maranhão	MA	-4,03	-44,47	jan/83	1735,5
344012	Miranda	MA	-3,57	-44,58	abr/84	1781,2
344013	Lago Açú	MA	-3,85	-44,89	ago/84	1672,3
345000	Aratoí Grande	MA	-3,77	-45,22	fev/70	1658,1
345006	Pindaré-Mirim	MA	-3,66	-45,44	jan/72	2019
345011	Zé Doca (Monção)	MA	-3,27	-45,65	ago/70	1834
345012	Boa Vista Do Pindaré	MA	-3,40	-45,01	jan/83	2104,7
345013	Newton Belo	MA	-3,42	-45,67	abr/84	1754,2
346002	Tucumã	MA	-4,22	-46,17	abr/84	1480,7
442013	Duque Bacelar	MA	-4,15	-42,95	abr/84	1551,2

Código	Nome	Estado	Latitude	Longitude	Início da coleta de dados	Precipitação Anual (mm)
443001	Caxias	MA	-4,87	-43,35	mar/76	1598,3
443006	Codó	MA	-4,45	-43,88	jun/68	1552,3
443007	Fazenda Sobral	MA	-4,46	-43,93	jan/72	1434,3
443011	Palmeira Do Norte	MA	-4,42	-43,65	jan/83	1567,2
443012	Aldeias Altas	MA	-4,62	-43,47	abr/84	1310,9
444001	Coroatá	MA	-4,16	-44,17	out/65	1496,3
444005	Pedreiras Ii	MA	-4,57	-44,61	mai/63	1484,5
444008	Santa Vitória	MA	-5,10	-44,96	dez/71	1235,5
444012	Bacabal	MA	-4,22	-44,77	ago/76	1820,1
444013	Piritoró Br-316	MA	-4,38	-44,33	abr/84	1468,4
445001	Esperantina	MA	-4,03	-45,77	mai/72	1707,2
445007	Angico	MA	-4,74	-45,18	fev/83	1444,1
445008	Arame	MA	-4,89	-46,01	fev/83	1117,5
445009	Lago Da Pedra	MA	-4,56	-45,13	abr/84	1589,9
445010	São João Do Grajaú	MA	-4,24	-45,36	ago/84	1792,3
446000	Ponte Br-222	MA	-4,30	-46,49	mar/82	1404,6
446001	Fazenda Pedreiras	MA	-4,41	-46,75	abr/84	1264,5
446002	Vale Do Pindaré	MA	-4,70	-46,94	abr/84	1350
447002	Reta Km-32	MA	-4,83	-47,27	mai/84	1568,8
543002	Lagoa	MA	-5,48	-43,36	jul/68	1260,8
543004	Mendes	MA	-5,71	-43,59	mai/70	1308
543011	Vereda Grande	MA	-5,97	-43,42	mai/84	1242,3
544006	Flores	MA	-5,42	-44,93	jan/72	1205
544009	Graça Aranha	MA	-5,41	-44,34	mai/84	1299,2
545011	Rio Corda Ii	MA	-5,73	-45,31	out/81	930,3
546006	Fortaleza	MA	-5,60	-46,24	out/79	1098,8
546007	Sítio Novo	MA	-5,88	-46,70	jan/82	1213,4
547005	Buritirama	MA	-5,59	-47,02	jan/82	1334,2
643011	Lages	MA	-6,61	-43,40	mar/82	1146,5
643012	Passagem Franca	MA	-6,17	-43,78	mar/82	1253,9
643013	Barão De Grajaú	MA	-6,76	-43,03	mai/83	983,5
644003	Colinas	MA	-6,03	-44,25	jun/68	1242,6
644007	Mirador	MA	-6,37	-44,36	dez/70	1226
644012	Porto Do Lopes	MA	-6,01	-44,34	mai/70	1142,2
644015	Campo Largo	MA	-6,07	-44,71	dez/71	1219,1
644017	Colinas	MA	-6,03	-44,23	mai/76	1283,6
645002	Papagaio	MA	-6,00	-45,39	jan/83	1202,8
645003	Mato Grosso	MA	-6,84	-45,11	mai/84	991,4
645004	Fazenda Piranhas	MA	-6,04	-45,92	mai/84	745,1
646005	Fazenda São Vicente	MA	-6,82	-46,33	mai/84	1104,7
646006	Fazenda Sempre Viva	MA	-6,19	-46,27	out/84	1116,7
744000	São Félix De Balsas	MA	-7,08	-44,81	out/65	1057,5
745004	Sambaíba	MA	-7,14	-45,35	jan/77	1085,3
745005	Fazenda Tigre	MA	-7,37	-45,61	out/84	1102,2
746005	Balsas	MA	-7,53	-46,03	ago/76	1135,4
746006	Balsas	MA	-7,52	-46,03	jan/83	1198,4
746007	Brejo Comprido	MA	-7,93	-45,99	set/65	1333,0
746008	Morro Vermelho	MA	-7,16	-46,55	mai/84	1120,3
746009	Recursos	MA	-7,33	-46,31	mai/84	1181,2
747000	Carolina	MA	-7,32	-47,46	set/69	1548,1
845003	Babilônia	MA	-8,32	-45,97	jan/83	1499,4

Código	Nome	Estado	Latitude	Longitude	Início da coleta de dados	Precipitação Anual (mm)
845004	Barra Do Fosdão	MA	-8,10	-45,59	mai/84	1162,7
845005	Inhumas	MA	-8,82	-45,97	mai/84	1275,8
846005	Boa Vista	MA	-8,81	-46,08	mai/84	1365,2
945010	Alto Parnaíba	MA	-9,10	-45,93	ago/76	1333,3
945011	Alto Parnaíba	MA	-9,11	-45,93	jan/83	1319,7
146000	Tracuateua	PA	-1,07	-45,90	set/72	2632,7
448000	Rondon Do Pará	PA	-4,80	-48,07	ago/80	1899,5
247005	Cafezal	PA	-2,77	-46,80	fev/85	1943,4
447001	Km Zero / Pa-70	PA	-4,29	-47,56	fev/82	1706,8
747001	Goiatins	TO	-7,71	-47,32	nov/71	1589,1
1046001	Mateiros	TO	-10,55	-46,42	mar/98	1577,0
946003	Lizarda	TO	-9,60	-46,67	abr/73	1479,6

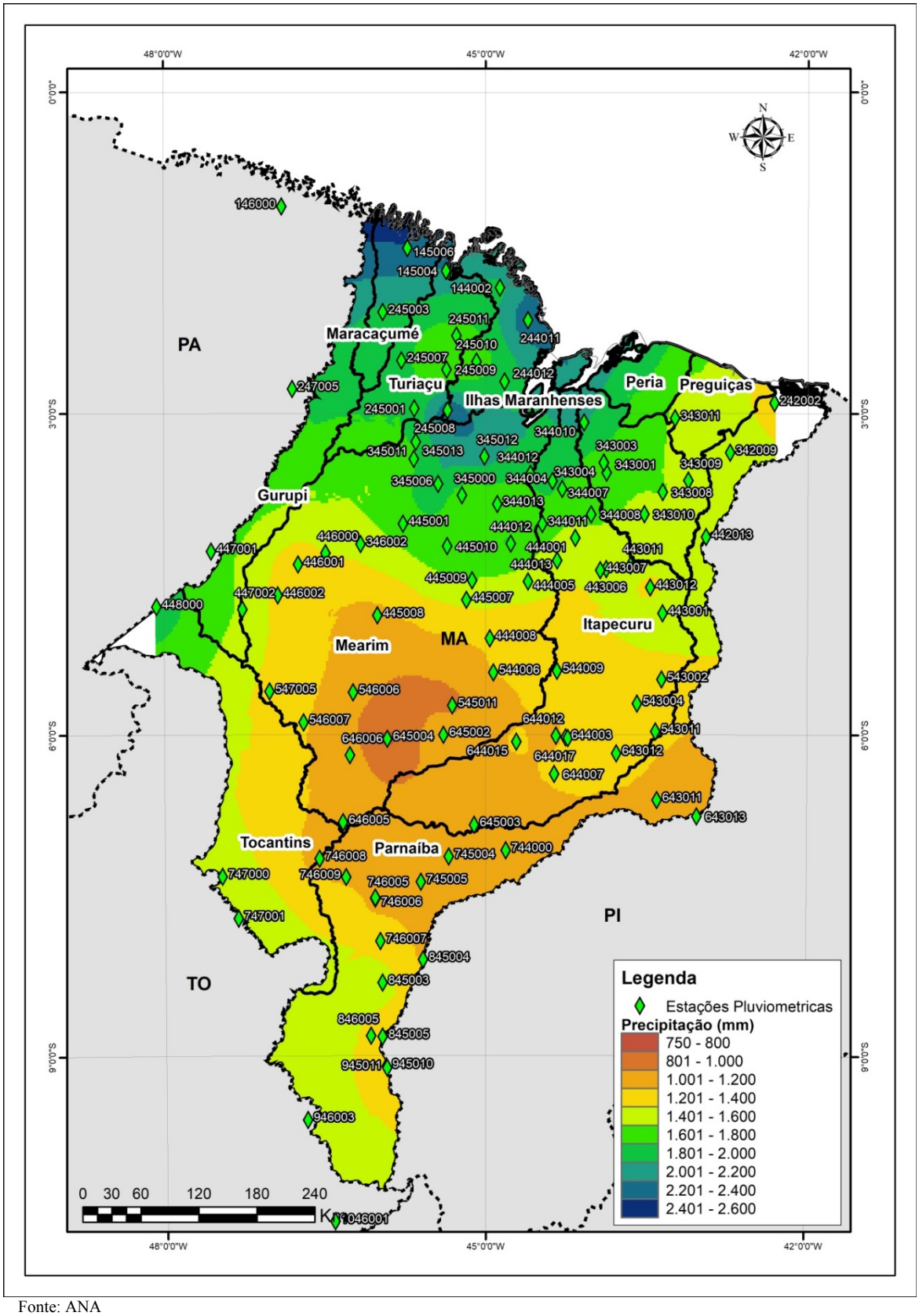
Fonte: Banco de dados Hidroweb/ANA (2018)

Observa-se ainda que, dentre os 98 postos selecionados, o de maior pluviosidade média é o de Tracuatea, com precipitação de 2.632 mm, localizado no Estado do Pará; o de menor pluviosidade média anual é o posto fazenda Piranhas, localizado no alto Mearim, com precipitação anual de 745 mm.

Na **Figura 1.63** apresenta-se o mapa de precipitação do Estado (elaboradas a partir dos postos selecionados); o método utilizado foi o da Ponderação pelo Inverso da Distância (IDW).

Observa-se que as maiores precipitações no estado são no litoral oeste, com valores anuais superiores aos 2.500 mm, englobando principalmente as bacias do Turiaçu, Maracaçumé, Ilhas Maranhenses, Periá, e as porções mais ao norte das bacias do Itapecuru e Mearim.

As menores precipitações ocorrem no centro do Estado, principalmente no alto Mearim, com valores próximos aos 750 mm anuais. No caso das bacias do Parnaíba e Tocantins, as precipitações apresentam valores inferiores, quando comparados ao restante do Estado, com precipitações médias anuais entre 1.200 mm e 1.600 mm.



Fonte: ANA

Figura 1.63 - Mapa de precipitação do Estado do Maranhão

Foram escolhidos ainda três postos pluviométricos dos 98 selecionados, para um estudo mais detalhado visando entender melhor o regime de chuvas nas proximidades dos reservatórios mais importantes do estado.

1.3.2.1. Posto Santa Vitória – 444008

O posto pluviométrico Santa Vitória (444008) apresenta precipitação média anual de 1.235,5 mm, distribuída ao longo dos meses segundo a **Tabela 1.10** e **Figura 1.64**.

Tabela 1.10 – Precipitação mensal média na Estação Santa Vitória (mm).

Estação	Jan.	Fev.	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
444008	187,1	226,8	284,1	198,9	86,1	23,8	11,7	7,8	11,8	37	62,5	103	1235,5

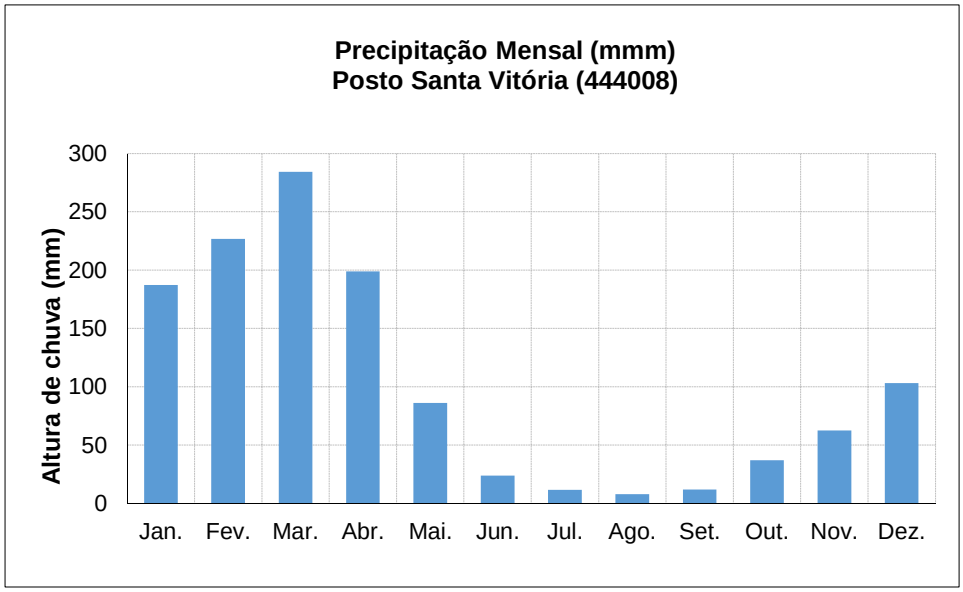


Figura 1.64 - Precipitação média mensal na Estação Santa Vitória

1.3.2.2. Posto Aldeias Altas – 443012

O posto pluviométrico Aldeias Altas (443012) apresenta precipitação média anual de 1.310,9 mm, distribuída ao longo dos meses segundo a **Tabela 1.11** e **Figura 1.65**.

Tabela 1.11 – Precipitação mensal média na Estação Aldeias Altas (mm).

Estação	Jan.	Fev.	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
443012	189,7	212,5	273,4	254,8	134,6	29,2	13,5	11,1	7	23,5	42,7	112,5	1310,9

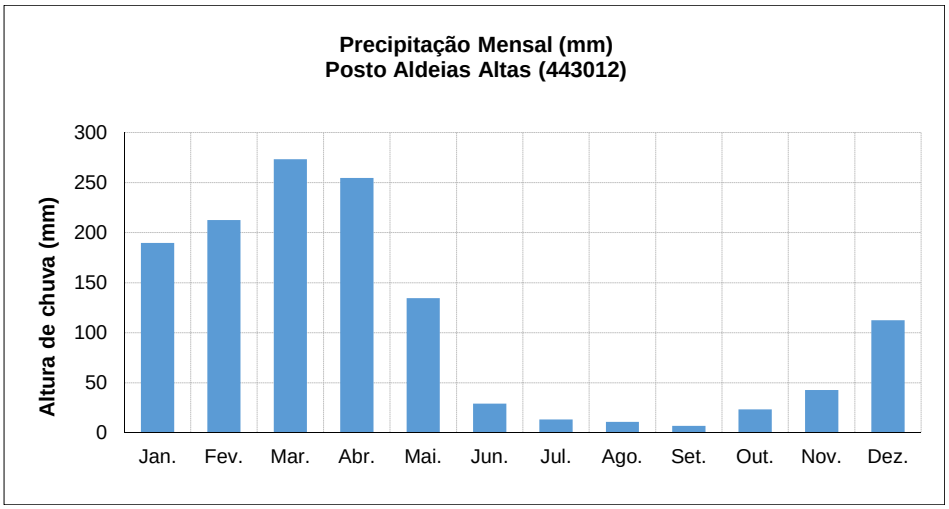


Figura 1.65 – Precipitação média mensal na Estação Aldeias Altas

1.3.2.3. Posto Guimarães – 244011

O posto pluviométrico Guimarães (244011) apresenta precipitação média anual de 2.392,80 mm, distribuída ao longo dos meses segundo a **Tabela 1.12** e **Figura 1.66**.

Tabela 1.12 – Precipitação mensal média na Estação Guimarães (mm).

Estação	Jan.	Fev.	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
244011	185,2	295,5	464,8	494	373,8	234,9	170,8	20,3	3	8,2	8,5	51,3	2392,8

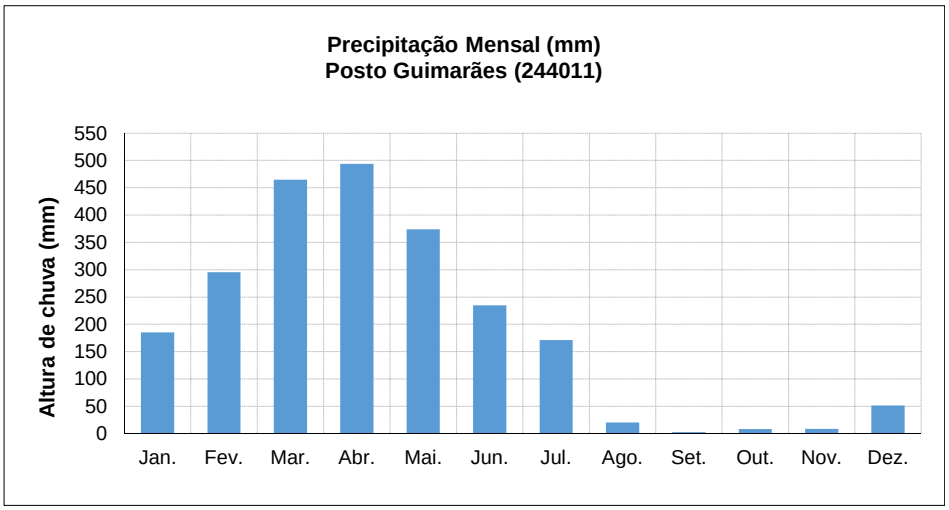


Figura 1.66 – Precipitação média mensal na Estação Guimarães

1.4. Caracterização Morfométrica da Infraestrutura Hidráulica da Bacias do Estado do Maranhão

1.4.1. Inventário das Barragens

Segundo o Relatório de Segurança de Barragens 2016 (ANA, 2017), existem 76 barragens no Estado do Maranhão no Cadastro Nacionais de Barragens. Destas, dez estão enquadradas na Lei 12.334, de 20 de Setembro de 2010, onde estabelece que maciços com altura igual a 15 metros e/ou com acumulação superior aos 3 hm³ devem ser monitoradas pelo Sistema Nacional de Segurança de Barragens (SNISB). Destas dez, **cinco** são destinadas a contenção de rejeitos, **uma** é destinada a produção de energia, **uma** para a contenção de cheias, **uma** particular para irrigação, **uma** com usos múltiplos e **uma** última utilizada na irrigação e controle de cheias.

Cabe destacar que as barragens utilizadas para a produção de energia e contenção de rejeitos não possuem fins de armazenamento; a Barragem Bacanga tem como finalidade exclusiva o controle de cheias, sendo operada por comportas. Estas, portanto, não serão inseridas neste estudo.

Sendo assim, serão analisados dois reservatórios que podem vir a contribuir com a disponibilidade hídrica superficial do Estado, são eles:

- **Barragem Flores** – Capacidade de 1.014 hm³ (Irrigação e Controle de Cheias – DNOCS);
- **Barragem João Santos** – Capacidade de 12,8 hm³ (Irrigação - Itaimbé Agropecuária Ltda);

A relação das 76 barragens catalogadas no estado do Maranhão e suas principais informações encontram-se na **Tabela 1.13**, com destaque para as barragens citadas. A **Figura 1.67**, apresenta suas localizações, com indicativo de uso, e os devidos destaques para as barragens que serão objeto deste estudo.

Tabela 1.13 - Barragens existentes no Estado do Maranhão (cadastradas no SNSB)

Nome da Barragem	Município	Uso Principal	Nome do Empreendedor	Capacidade (hm^3)	Altura Base da Fundação (m)	Altura Nivel do Terreno (m)	Material da Barragem Principal	Latitude (°decimal)	Longitude (° decimal)
Fazenda Maravilha	Capinzal do Norte	Múltiplo	Raimundo Quinco Lima Filho	-	-	-	Terra	-4,780016	-44,308959
Lourenção	Dom Pedro	Múltiplo	Prefeitura Municipal de Dom Pedro	-	-	-	Terra	-5,030514	-44,427161
Balneário Nonatão	Gonçalves Dias	Múltiplo	Prefeitura Municipal de Gonçalves Dias	-	-	-	Terra	-5,154777	-44,305862
Açude Municipal	Sítio Novo	Múltiplo	Prefeitura Municipal de Sítio Novo	-	-	-	Terra	-5,874105	-46,700039
Açude Municipal	Lima Campos	Múltiplo	Prefeitura Municipal de Lima Campos	-	-	-	Terra	-4,515237	-44,468161
Açude da Comunidade	Capinzal do Norte	Múltiplo	Prefeitura Municipal de Capinzal do Norte	-	-	-	Terra	-9,188535	-44,326783
Barragem do Bacanga	São Luís	Controle de Cheia	Governo do Estado do Maranhão	31,00	8,4	8,4	Terra	-2,548151	-44,304410
Lagoa dos Novaes	Codó	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	1,94	8,5	8,5	Terra	-4,424720	-43,627220
Barragem Belém	Codó	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	1,55	10,4	10,4	Terra	-4,413333	-43,609160
Barragem Pitombeira I	Aldeias Altas	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	1,94	9	9	Terra	-4,453888	-43,484160
Barragem Pitombeira II	Aldeias Altas	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	1,57	7,1	7,1	Terra	-4,453939	-43,483098
Barragem Saúde	Aldeias Altas	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	0,00	3	3	Terra	-4,599166	-43,566380
Barragem Pacheco	Aldeias Altas	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	2,60	10,5	10,5	Terra	-4,460810	-43,523978
Barragem Pacheco I	Aldeias Altas	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	2,80	10	10	Terra	-4,452017	-43,524183
Barragem Pacheco II	Aldeias Altas	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	2,80	3,5	3,5	Terra	-4,452374	-43,524277
Barragem Santo Antônio	Aldeias Altas	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	0,18	6	6	Terra	-4,640000	-43,440550
Barragem Contente	Aldeias Altas	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	0,05	5	5	Terra	-4,461111	-43,524160
Barragem Belém I	Aldeias Altas	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	1,57	7,4	7,4	Terra	-4,413522	-43,609369
Barragem Belém II	Aldeias Altas	Abastecimento Hidro agrícola	TG Agroindustrial Ltda.	2,74	9,4	9,4	Terra	-4,424927	-43,627293

Nome da Barragem	Município	Uso Principal	Nome do Empreendedor	Capacidade (hm^3)	Altura Base da Fundação (m)	Altura Nivel do Terreno (m)	Material da Barragem Principal	Latitude (°decimal)	Longitude (° decimal)
Área de Resíduo de Bauxita 1	São Luís	Contenção de Rejeitos	Consórcio de Alumínio do Maranhão	2,40	22	22	Terra	-2,730000	-44,316666
Área de Resíduo de Bauxita 2	São Luís	Contenção de Rejeitos	Consórcio de Alumínio do Maranhão	5,14	17	17	Terra	-2,725830	-44,314720
Área de Resíduo de Bauxita 3	São Luís	Contenção de Rejeitos	Consórcio de Alumínio do Maranhão	6,40	23,5	23,5	Terra	-2,728050	-44,310277
Área de Resíduo de Bauxita 4	São Luís	Contenção de Rejeitos	Consórcio de Alumínio do Maranhão	5,40	23,5	23,5	Terra	-2,723610	-44,306666
Área de Resíduo de Bauxita 5	São Luís	Contenção de Rejeitos	Consórcio de Alumínio do Maranhão	10,80	23	23	Terra	-2,718050	-44,302220
Lago de Resfriamento	São Luís	Água de Processo	Consórcio de Alumínio do Maranhão	0,83	5	5	Terra	-2,715555	-44,335550
Barragem Itamacaóca	Chapadinha	Abastecimento humano	Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão	-	12	12	Enrocamento	-3,748333	-43,333330
Barragem do Batatã	São Luís	Abastecimento humano	Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão	3,00	-	-	Terra	-2,599181	-44,270700
Açude Municipal	Lagoa do Mato	Múltiplo	Prefeitura Municipal de Lagoa do Mato	-	-	-	Terra	-6,039259	-43,528350
Barragem da Fazenda Tanque	Fortaleza dos Nogueiras	Agricultura	Fazenda Tanque	-	-	-	Terra	-7,234823	-45,953240
Barragem da Fazenda Cajueiro	Balsas	Agricultura	Fazenda Cajueiro Agropecuária Ltda.	-	-	-	Terra	-7,240267	-45,986347
Barragem da Fazenda Brejo Bonito	Balsas	Agricultura/Piscicultura	Fazenda Brejo Bonito	-	-	-	Terra	-7,753075	-45,985264
Barragem da Fazenda Parque Maravilha	Balsas	Agricultura/Piscicultura	Parque Maravilha Empreendimento Ltda.	-	-	-	Terra	-7,516400	-46,080466
Barragem da Fazenda Jacaré	Balsas	Agricultura/Piscicultura	Agropecuária Vale do Cocal	-	-	-	Terra	-7,378645	-46,145235
Barragem da Fazenda Cedro	Balsas	Agricultura	Fazenda Cedro	-	-	-	Terra	-7,441642	-46,313830

Nome da Barragem	Município	Uso Principal	Nome do Empreendedor	Capacidade (hm³)	Altura Base da Fundação (m)	Altura Nivel do Terreno (m)	Material da Barragem Principal	Latitude (°decimal)	Longitude (° decimal)
Barragem da Fazenda Reunidas	Riachão	Agricultura/Piscicultura	Fazenda Reunidas	-	-	-	Terra	-7,405533	-46,291283
Barragem da Fazenda Cyntia	Riachão	Agricultura	Fazenda Cyntia	-	-	-	Terra	-7,883163	-46,762954
Barragem da Fazenda Conquista	Carolina	Agricultura	Fazenda Conquista	-	-	-	Terra	-7,850843	-46,833860
Barragem da Fazenda Rio Grande	Nova Colinas	Piscicultura	Fazenda Rio Grande	-	-	-	Terra	-7,284465	-46,230593
Barragem Flores	**Joselândia**	**Controle de Cheia**	**Departamento Nacional de Obras Contra as Secas**	**1.014,00**	**38**	**38**	**Terra**	**-5,065435**	**-44,663429**
Açude Municipal	Vargem Grande	Múltiplo	Prefeitura Municipal de Vargem Grande	-	-	-	Terra	-3,553106	-43,918829
Açude da Fazenda Santa Isabela	Vargem Grande		Fazenda Santa Isabela	-	-	-	Terra	-3,624901	-43,943844
Barragem da Bariguda	Coroatá	Múltiplo	Prefeitura Municipal de Coroatá	-	-	-	Terra	-3,933863	-44,017049
Barragem João Santos	**Caxias**	**Irrigação**	**Itaimbé Agropecuária Ltda.**	**12,88**	**13,5**	**13,5**	**Terra**	**-4,449558**	**-43,051137**
Açude da Fazenda Estrela	Caxias	Agricultura	Fazenda Estrela	-	-	-	Terra	-4,840334	-43,578969
Açude da Fazenda Abelha	Codó	Agricultura/Piscicultura	Agropecuária Abelha Ltda. (F C Oliveira)	0,21	-	5,4	Terra	-4,703165	-43,981968
Barragem do Pericumã	Pinheiro	Regularização de Vazão	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas	-	-	-	Sem informação	-2,444075	-45,014681
Carcinocultura	Araioses		Sem Informação	-	-	-	Sem informação	-2,745280	-41,922360
Espelho 6144	Centro Novo do Maranhão		Sem Informação	-	-	-	Sem informação	-3,673243	-46,785479
Espelho 6187	Buriticupu		Sem Informação	-	-	-	Sem informação	-4,831007	-46,105343
Barragem do Vené	GODOFREDO VIANA	Barragem de Rejeito	Mineração Aurizona S.A.	12,15	31,6	31,6	Sem informação	-1,301333	-45,761306
Area M	CODÓ	Barragem de Rejeito	COMPANHIA BRASILEIRA DE EQUIPAMENTO	1,00	10	10	Sem informação	-4,523583	-44,016028
Estreito		Hidrelétrica	Companhia Energética Estreito S.A.	5.298,00	-	57	Terra	0,000000	0,000000

(Fonte: SNSB – Sisteman Nacional de Seguranla de Barragens)

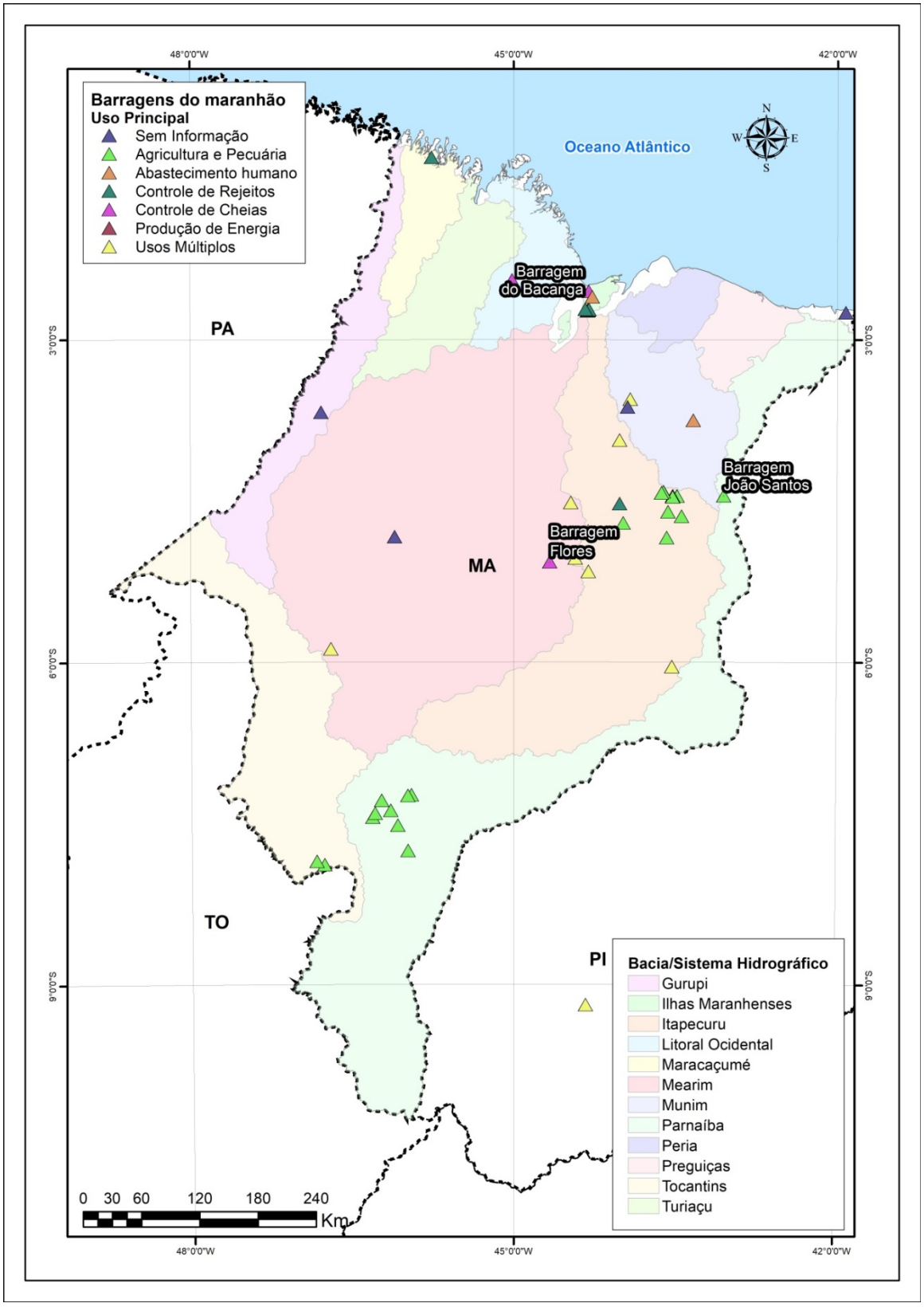


Figura 1.67 - Localização das Barragens do Estado do Maranhão

1.4.2. As Curvas CAV

Não foram identificadas as curvas Cota x Área x Volume (CAV) de nenhum dos dois reservatórios a serem simulados – Flores e João Santos – sendo, portanto, necessário gerar CAVs sintéticas conforme metodologia proposta por Nascimento et al (2004).

1.4.2.1. As curvas CAV sintéticas

Nascimento et al (2004) avaliaram os erros cometidos nos cálculos de vazões regularizadas decorrentes da substituição das relações cota x área x volume (CAV) reais por uma equação matemática. Para a substituição geral das relações de cota *vs.* volume, foram criadas cinco representações matemáticas, todas derivadas de uma equação do tipo

$$V= a.h^b \qquad (4.1) \text{ - Equação geral.}$$

As representações matemáticas dos reservatórios serão apresentadas a seguir.

Analisando as cinco equações, os autores concluíram que, qualquer que seja a equação utilizada, não existe viés nas estimativas das vazões regularizadas para a substituição das relações de cota *vs.* volume, uma vez que os erros médios relativos são muito próximos de zero. Não conferiu ganho significativo em precisão (diminuição do erro em relação à utilização da curva cota *vs.* volume REAL do reservatório) com a complexidade da equação. Sendo assim, a utilização da Equação 4.2, apresentada a seguir, que oferece maior facilidade para a obtenção de seus parâmetros, pode ser utilizada sem grandes problemas, dado que mostrou a mesma ordem de precisão que as demais equações, apresentando duas vantagens relativas: a homogeneidade dimensional e simplicidade de cálculo.

A Equação 4.2 considera o valor de "b" igual a três, passando a equação 4.1 a ser escrita na forma:

$$V=a.h^3, \qquad (4.2)$$

Onde, a constante "a" – definida na literatura como fator de forma da bacia hidráulica – é calculada através da equação (4.3).

$$a = \frac{K}{h^3} \qquad (4.3)$$

onde *K* representa a capacidade de armazenamento do reservatório e *h* a altura máxima, equação esta de representação mais simples.

1.4.2.1.1. Aplicação da metodologia e determinação das CAV sintéticas

Para gerar as curvas sintéticas cota x volume dos reservatórios são necessárias as alturas máximas dos mesmos. As curvas cota x volume sintéticas geradas para os dois reservatórios são mostradas na **Tabela 1.14** e nas **Figuras 1.68** e **1.69**.

Tabela 1.14 - Curva Cota (m) x Volume (hm³) dos Reservatórios João Santos e Flores.

João Santos		Flores	
Altura (m)	**Acumulação (hm³)**	**Altura (m)**	**Acumulação (hm³)**
0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,01	2,00	0,17
2,00	0,07	4,00	1,39
3,00	0,23	6,00	4,69
4,00	0,54	8,00	11,13
5,00	1,06	10,00	21,73
6,00	1,83	12,00	37,56
7,00	2,90	14,00	59,64
8,00	4,34	16,00	89,02
9,00	6,17	18,00	126,75
10,00	8,47	20,00	173,87
11,00	11,27	22,00	231,42
11,50	12,88	24,00	300,44
		26,00	381,99
		28,00	477,09
		30,00	586,81
		32,00	712,16
		34,00	854,22
		36,00	1014,00

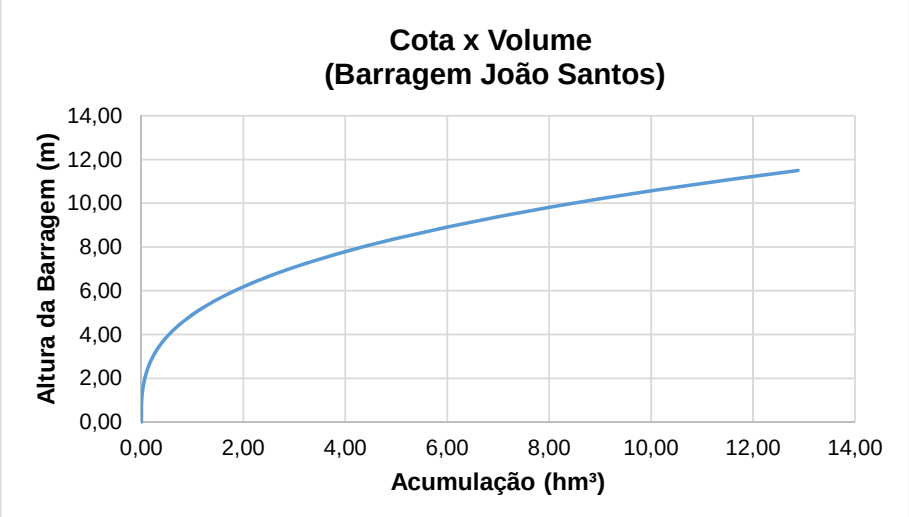


Figura 1.68 - Curva Cota (m) x Volume (hm³) sintética do Reservatório João Santana.

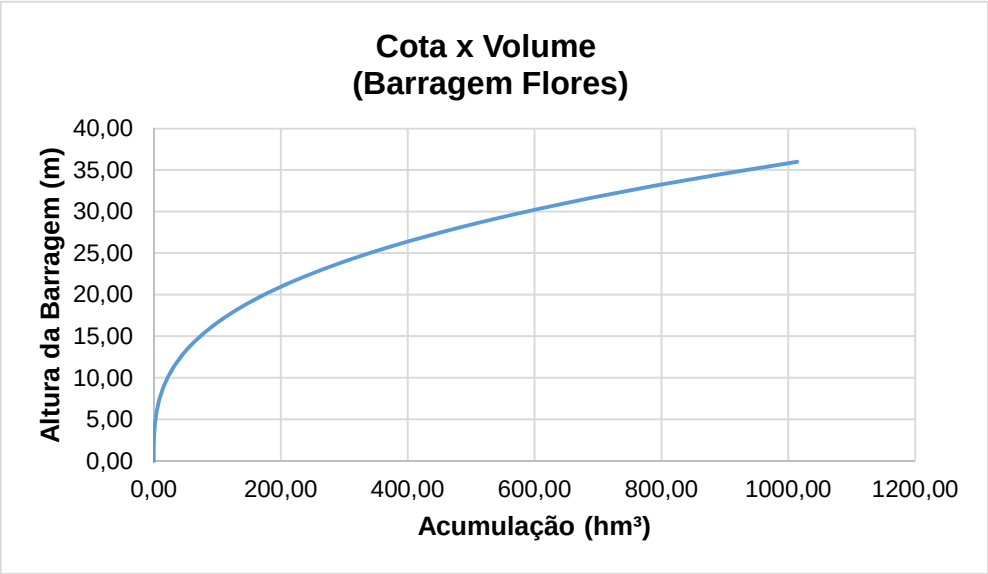


Figura 1.69 - Curva Cota (m) x Volume (hm³) sintética do Reservatório Flores.

1.5. A Capacidade de Regularização dos Reservatórios do Estado do Maranhão

A capacidade de regularização dos reservatórios será analisada a partir da sua operação simulada.

Os estudos foram desenvolvidos através da equação do balanço hídrico, tomando por base as seguintes premissas:

- a unidade de tempo é um mês;
- a retirada do reservatório é constante ao longo dos anos e ao longo dos meses;
- a contribuição líquida sobre o lago - precipitação menos evaporação - é admitida constante ao longo dos anos, mas variável ao longo dos meses.

1.5.1. A Equação do Balanço Hídrico de um Reservatório

A determinação do comportamento do reservatório é feita pela equação de seu balanço hídrico, que consiste em igualar as entradas e saídas do reservatório como se segue:

$$dV/dt = E - S \qquad (5.1)$$

onde dV/dt é a variação do volume ao longo do tempo, E o resultado de todas as entradas no sistema e S o resultado de todas as saídas. As entradas são compostas dos deflúvios afluentes e das precipitações diretas sobre o espelho d´água do reservatório; as retiradas, por sua vez, são formadas pelas evaporações e pelas retiradas. A equação do balanço hídrico usada neste modelo é dada por:

$$V_{i+1} = V_i + (P_i - E_i) \times ½ (A_{i+1} + A_i) + I_i - R_i - S_i \qquad (5.2)$$

onde:

V_{i+1} e V_i = representam os volumes de água estocados no reservatório no início dos meses i+1 e i respectivamente;

P_i = precipitação média sobre o espelho de água do açude durante o mês i;

E_i = lâmina média evaporada da superfície do lago durante o mês i;

A_{i+1} e A_i = representam as áreas do lago do reservatório no início dos meses i+1 e i respectivamente;

I_i = volumes afluentes ao reservatório durante o mês i;

M_i = retirada do reservatório durante o mês i ;

S_i = volume sangrado do reservatório.

Considerando-se que o reservatório está com um volume inicial V_0, simular-se-á, para uma garantia G, o reservatório a nível mensal para a respectiva série histórica de vazões durante H anos, onde H é a extensão da série histórica. Inicialmente considera-se a retirada M = min (K/2,μ/2). Ao final de cada ano é calculado se o volume anual armazenado é suficiente para atender a demanda (= retirada M); se não for, é considerado que naquele ano ocorreu uma falha.

A regra de operação é definida por:

$$V_{i+1} = 0, \text{ se } (V_i + (P_i - E_i) \times \tfrac{1}{2} (A_{i+1} + A_i) - M_i + I_i) \leq 0 \quad (5.3)$$

$$V_{i+1} = (V_i + (P_i - E_i) \times \tfrac{1}{2} (A_{i+1} + A_i) + I_i) \text{ , se } 0 < (V_i + (P_i - E_i) \times \tfrac{1}{2}(A_{i+1} + A_i) - M_i + I_i) < k \quad (5.4)$$

$$V_{i+1} = k, \text{ se } (V_i + (P_i - E_i) \times \tfrac{1}{2} (A_{i+1} + A_i) - M_i + I_i) \geq k \quad (5.5)$$

No final dos H anos é verificado se a retirada M assumida inicialmente (min (K/2,μ/2)) corresponde à frequência de falhas pretendida. Caso seja superior, diminui-se a retirada, caso contrário, eleva-se a retirada e simula-se novamente o comportamento do reservatório para H anos e assim sucessivamente até que a retirada correspondente a uma frequência de falhas pretendida seja encontrada.

1.5.2. A Simulação dos Reservatórios Utilizando o Programa Simres

A simulação dos dois reservatórios do Estado do Maranhão será feita utilizando o módulo **SIMULAÇÃO** do programa **SIMRES**, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia

Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará. Este módulo executa a simulação do reservatório, resolvendo a equação de seu balanço hídrico conforme descrito.

Este módulo utiliza dois arquivos de dados:

- Arquivo dos deflúvios mensais afluentes ao reservatório – este arquivo é apresentado em um formato denominado TAPE3.DAT.
- Arquivo de dados gerais – este arquivo, cujo formato é denominado de TAPE2.DAT informa as características gerais do reservatório e os procedimentos da simulação.
- A seguir estão descritas as metodologias para obtenção dos dados necessários para a construção dos arquivos de entrada.

1.5.2.1. Delimitação das bacias hidrográficas dos Reservatórios

O Reservatório Flores está localizado na Bacia do Mearim e possui área de drenagem de 5.240 km². Para a simulação deste reservatório é utilizada a série histórica de vazões do posto fluviométrico Flores (33270000), localizado no rio Flores, a montante do reservatório. Dado que tal posto não controla a totalidade da área do reservatório, utiliza-se a transferência de dados. O traçado da bacia hidrográfica e a localização do posto fluviométrico estão apresentados na **Figura 1.70**.

O reservatório João Santos possui área de drenagem de 120 km² e está localizado na bacia do rio Parnaíba. Para a simulação deste reservatório foi utilizada a série histórica de vazões do Posto Bonsucesso (33750000), localizado nas proximidades do reservatório. O traçado da bacia hidrográfica e a localização da estação fluviométrica utilizada estão apresentados na **Figura 1.71**.

1.5.2.2. Construção dos TAPE3 de cada reservatório com o uso da Regionalização

Um dos maiores desafios em hidrologia é o de conhecer adequadamente o comportamento dos processos hidrológicos, e o de quantificar estes processos, dado que depende da efetiva observação das variáveis hidrológicas que os descrevem temporalmente.

Os dados hidrológicos são medidos em locais já definidos, não necessariamente, no local da utilização, sendo necessária a "*transferência de informação de um local para outro dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante". Em hidrologia, isto se denomina "regionalização".*

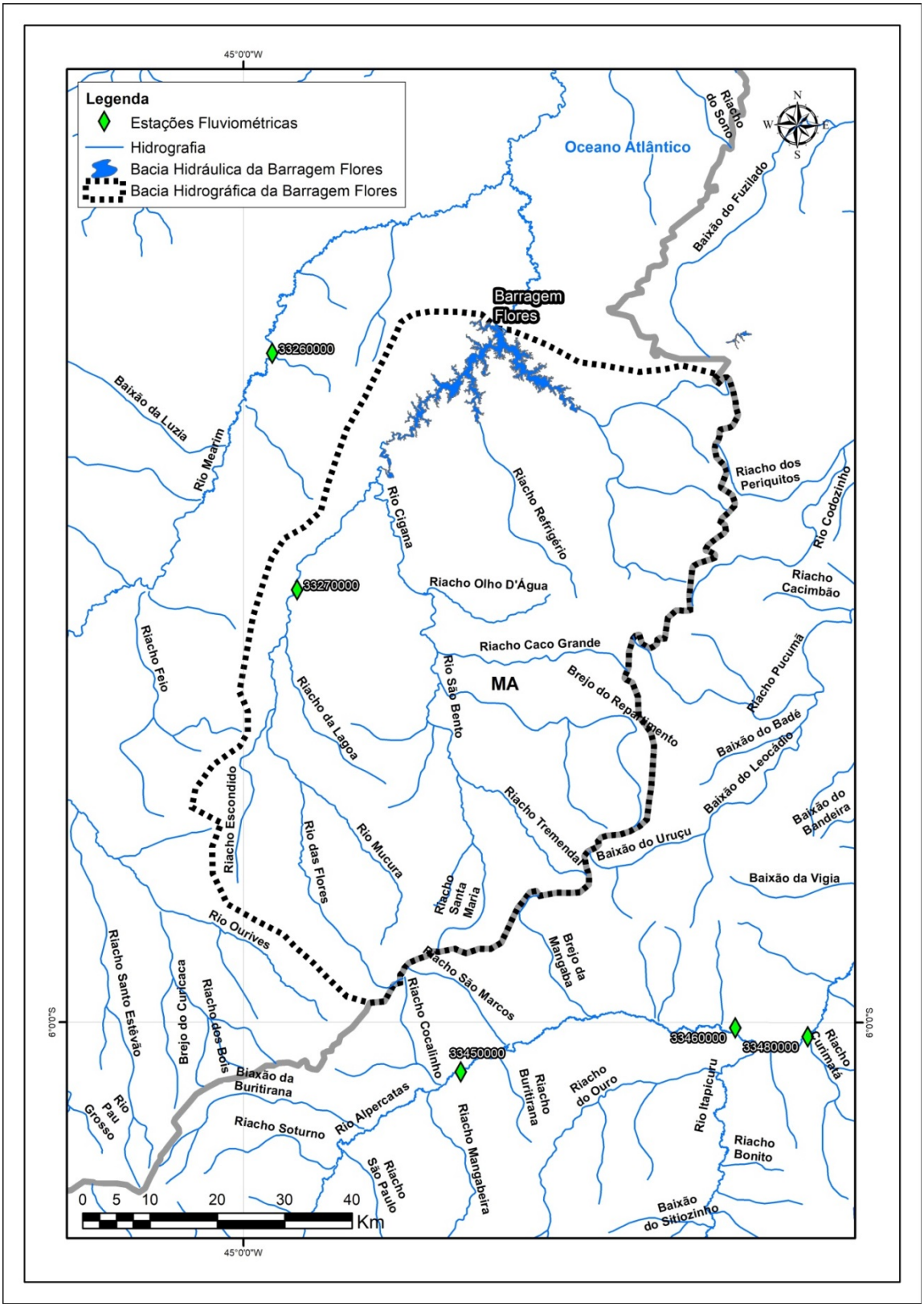


Figura 1.70 - Delimitação da Bacia Hidrográfica da Barragem Flores

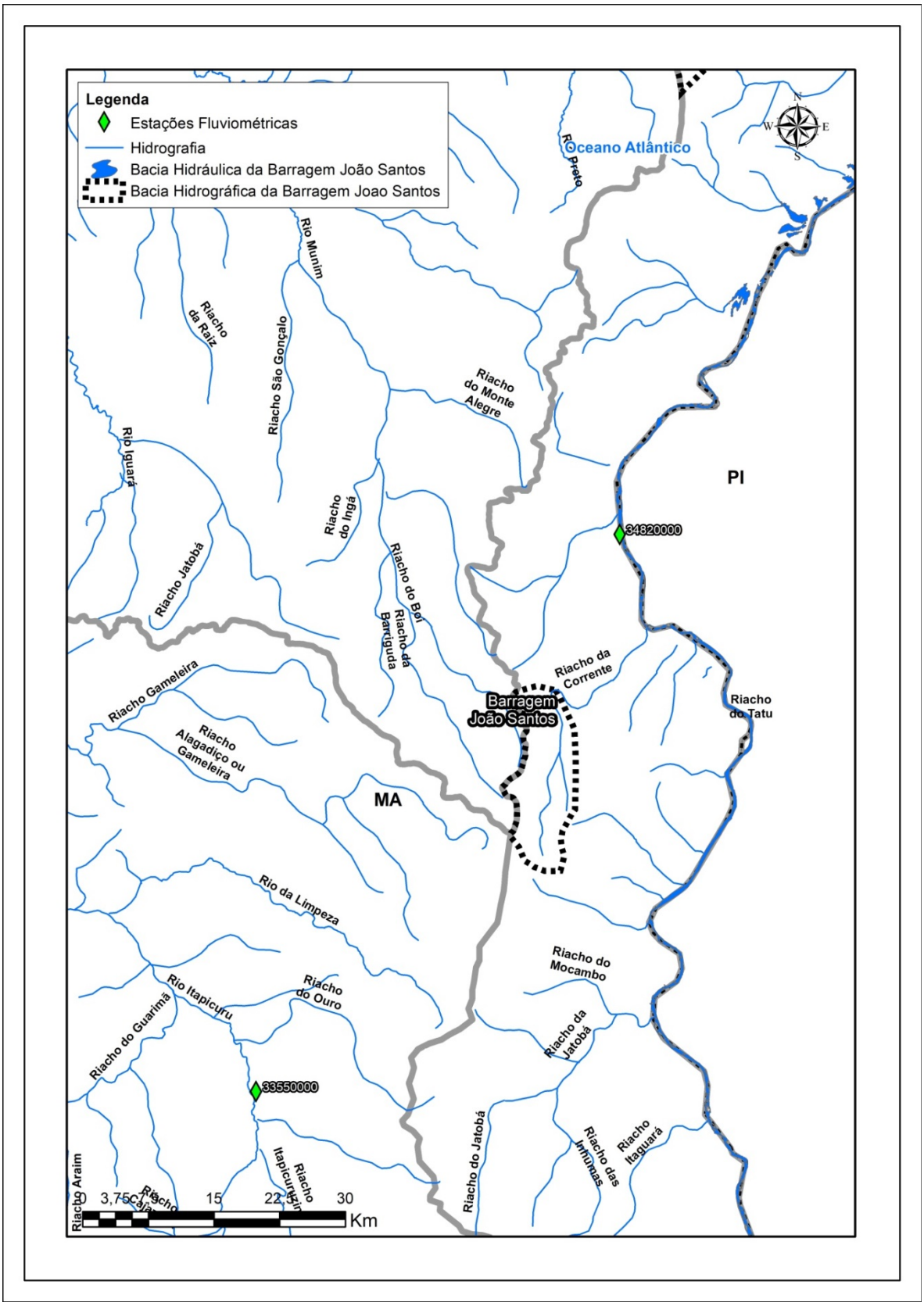


Figura 1.71 – Delimitação da Bacia Hidrográfica da Barragem João Santos

Como bem aponta Tucci (2001), *"qualquer que seja a rede hidrométrica, dificilmente ela cobriria todos os pontos de interesse para o gerenciamento dos recursos hídricos da bacia. Sempre existirão lacunas temporais e espaciais que necessitam ser preenchidas com base em metodologias robustas"*.

A qualidade dos dados hidrológicos é essencial para a regionalização. No entanto, antes de elaborar a regionalização, é necessário realizar uma análise da qualidade dos dados históricos disponíveis. Os postos devem ser classificados de acordo com a qualidade das informações que dispõem (Tucci, 1993). Essa classificação permite ao usuário melhor definir a análise regional, baseando-se nas tendências das séries mais confiáveis. A identificação prévia dos postos também permite a utilização de dados de postos que não têm uma qualidade boa, mas possuam informações que permitam consolidar a regionalização.

Ainda segundo Tucci (2001), este processo de análise envolve as seguintes etapas:

- **Triagem preliminar dos dados:** descartados todos os postos que não atingem as condições mínimas estabelecidas para a regionalização. Por exemplo, na regionalização de vazões pode-se adotar os seguintes critérios: a) postos com dados de vazão; b) séries com pelo menos cinco anos de dados.
- **Análise dos dados selecionados:** análise da informação envolve a elaboração da consistência das informações quanto a coerência local e regional dos valores da série. No caso de vazões, por exemplo, valores dos índices como coeficiente de escoamento, vazão específica, entre outros.

É importante ter consciência que nenhum estudo gera novas informações, apenas explora as informações existentes nos dados. Se os dados não possuem qualidade ou não foram identificados e sanados os seus erros, a própria regionalização será tendenciosa com resultados inadequados.

Há que se observar ainda a representatividade dos dados (Tucci, 2001):

- **Variabilidade climática ao longo de diferentes anos:** numa série hidrológica pode ser pouco representativa na medida em que ocorram sequência de anos chuvosos ou secos, utilizando apenas dados em anos chuvosos, a série não seria representativa de períodos críticos de estiagem;

- **Bacias com tamanhos diferentes:** Estes processos podem apresentar diferentes comportamentos) de acordo com o tamanho da bacia. Geralmente não existem dados de bacias pequenas (< 300 km²), desta forma, os métodos tendem a extrapolar seus resultados de bacias maiores para bacias menores. O comportamento hidrológico de pequenas bacias pode ser muito diferente das bacias maiores devido a capacidade de regularização do aquífero, amortecimento de enchentes, distribuição espacial da capacidade de infiltração e condutividade hidráulica entre outros;
- **Representatividade espacial:** a cobertura de postos numa região deve ser representativa das características físicas, hidrológicas e climáticas regionais. Um conjunto de postos deve representar o comportamento das características citadas para as áreas onde o método será utilizado para efetuar estimativas.

1.5.2.2.1. A seleção do posto fluviométrico para cada reservatório

Para este estudo, as vazões afluentes aos reservatórios (tape3.dat), foram obtidas multiplicando-se as vazões do respectivo posto fluviométrico por um coeficiente que traduz a relação entre as áreas da bacia do reservatório e da bacia do posto fluviométrico (Eq. 5.6), admitindo-se que existe uma correlação linear entre as contribuições das bacias e do respectivo posto fluviométrico.

$$Q_{reservatório} = Q_{postoflu} \frac{A_{reservatório}}{A_{postoflu}} \qquad (5.6)$$

Para cada reservatório, foi selecionado o posto mais próximo e que apresentasse as mesmas características hidrológicas da bacia do reservatório selecionado; portanto, fosse representativo, conforme recomenda a boa prática hidrológica.

Conforme apresentado no inventário das barragens, apenas dois reservatórios no estado do Maranhão se enquadram nos critérios definidos para as simulações, a estação fluviométrica selecionada para a simulação de cada reservatório está apresentada a seguir:

- Barragem Flores: Posto Flores (32270000);
- Barragem João Santos: Posto Bonsucesso (33750000);

1.5.2.3. Construção dos TAPE2 de cada reservatório

O SIMRES utiliza ainda o TAPE2.dat, que inclui a CAV do reservatório, capacidade dos mesmos, cota da soleira do vertedouro, garantia anual (%) e evaporação líquida sobre o reservatório.

A evaporação líquida é obtida por meio da subtração da precipitação pela evaporação. A **Tabela 1.15** apresenta os postos pluviométricos e as estações climatológicas utilizadas para calcular a evaporação líquida para cada reservatório. Os dados referentes a tais estações já foram apresentadas anteriormente.

Tabela 1.15 - Postos pluviométricos e estações climatológicas utilizadas no cálculo da evaporação líquida dos reservatórios.

Reservatório	Posto Pluviométrico	Evaporação (estação climatológica)
Flores	440008	Barra do Corda
João Santos	444012	Caxias

1.5.2.4. Dados de Entrada do SIMRES para os Reservatórios

São descritos nos itens a seguir os dados utilizados para a formação dos arquivos de entrada do SIMRES para cada reservatório.

1.5.2.4.1. Reservatório Flores

a) Dados do TAPE3.DAT

A simulação do Reservatório Flores utiliza como TAPE3.DAT as vazões afluentes ao Reservatório Flores, obtidas multiplicando-se as vazões do posto Flores por um coeficiente que traduz a relação entre as áreas das duas bacias, admitindo-se que existe uma correlação linear entre as contribuições das bacias do Reservatório Flores e a do posto fluviométrico citado. A **Tabela 1.16** apresenta as vazões afluentes em hm³/mês.

Tabela 1.16 - Vazões Afluentes ao Reservatório Flores

Ano	hm³/mês												(hm³/ano)
	Jan.	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1972	13,25	13,64	28,30	32,59	15,26	14,09	9,54	7,53	5,86	5,62	5,96	4,98	156,62
1973	13,67	11,14	15,58	28,58	28,51	13,37	9,22	9,33	4,11	7,84	8,53	18,55	168,43
1974	17,28	27,57	45,05	74,03	84,16	29,51	18,44	13,67	12,85	10,92	10,08	23,53	367,09
1975	36,57	51,20	93,17	48,32	43,88	20,56	16,43	14,10	12,03	16,22	15,42	16,43	384,33
1976	20,24	46,69	36,14	35,06	25,65	17,89	14,10	11,45	10,28	14,31	12,75	19,40	263,96
1977	22,26	40,83	30,00	41,13	43,35	18,20	15,90	12,72	9,87	11,34	12,34	15,69	273,63
1978	43,24	61,58	96,88	53,98	62,00	29,41	20,03	16,85	13,67	14,94	15,83	16,22	444,63
1979	44,62	56,68	39,11	21,69	29,15	15,42	12,82	11,66	19,64	16,22	12,24	15,16	294,41
1980	27,56	42,65	64,87	24,57	19,61	14,09	12,61	10,07	9,56	9,86	16,04	16,64	268,13
1981	31,16	25,27	28,62	34,44	12,08	8,02	6,68	5,72	5,04	5,72	6,89	13,35	182,99
1982	40,38	29,20	61,26	39,58	22,26	11,21	9,12	6,78	5,65	6,68	6,89	6,47	245,48
1983	9,75	24,98	19,40	26,12	11,55	8,94	6,25	5,51	4,01	4,56	5,24	8,16	134,47
1984	19,29	27,19	45,58	85,75	33,92	16,14	10,60	8,06	8,23	7,31	7,81	9,12	279,00
1985	35,72	60,71	66,99	158,54	85,43	32,90	23,64	18,34	15,63	18,23	31,98	62,11	610,22
1986	49,50	44,38	94,54	126,87	83,52	37,01	28,41	25,23	21,39	27,77	27,25	28,62	594,49
1987	30,74	28,53	70,06	47,50	28,09	22,00	19,71	18,34	16,24	17,91	16,76	18,76	334,64
1988	33,49	30,93	99,95	175,40	64,12	29,61	28,19	20,56	17,99	18,34	23,24	37,52	579,34
1989	30,42	28,15	40,17	115,98	48,01	27,04	22,89	18,87	16,14	15,16	23,54	57,98	444,35
1990	63,49	24,98	29,04	33,93	26,50	18,61	17,28	13,14	12,34	12,93	11,62	13,67	277,53
1991	21,09	20,08	28,41	43,39	22,26	17,79	12,84	10,27	8,42	9,96	9,05	9,75	213,31
1992	15,58	64,75	27,98	32,80	18,23	13,06	11,34	7,95	6,89	5,30	9,87	18,65	232,40
1993	14,41	13,16	23,64	16,45	19,18	11,21	7,21	3,50	2,47	3,82	6,07	9,65	130,77
1994	33,28	28,63	82,57	101,58	30,95	23,34	18,97	11,55	6,17	5,51	7,81	9,33	359,69
1995	17,49	25,17	35,72	108,57	65,29	16,14	8,27	5,83	3,39	3,07	8,02	19,93	316,89
1996	24,48	24,69	56,39	69,50	52,36	17,58	15,69	12,93	8,64	14,52	15,01	16,32	328,11
1997	27,13	19,89	44,52	39,28	27,66	11,41	8,59	6,25	4,83	4,56	6,99	6,15	207,26
1998	9,96	13,93	16,11	15,42	9,22	5,76	5,41	3,29	2,26	2,01	2,06	10,28	95,71
1999	11,66	12,39	30,31	18,71	18,34	9,05	5,19	2,33	1,23	2,44	8,53	15,79	135,97
2000	22,05	19,12	56,92	94,49	34,77	16,96	12,61	11,87	9,56	7,84	6,17	8,90	301,26
2001	16,43	19,12	38,05	37,94	19,82	13,26	10,18	5,30	3,91	5,62	7,51	13,04	190,18
2002	57,02	23,82	22,26	20,46	18,02	14,81	7,53	5,51	3,50	3,29	3,39	5,51	185,12
2003	8,27	17,20	40,59	24,68	15,58	10,49	5,30	2,54	1,75	0,74	2,88	3,92	133,94
2004	19,50	68,98	50,77	30,43	12,40	7,20	4,88	3,29	2,47	1,38	1,54	1,91	204,75
2005	5,72	13,55	27,35	17,38	16,96	7,20	4,03	1,59	0,31	0,00	0,21	5,30	99,60
2006	10,92	14,99	20,56	54,90	37,94	11,10	6,36	3,92	2,16	1,70	2,98	9,12	176,65
2007	10,28	27,86	28,94	14,50	10,39	4,83	2,65	1,48	0,82	0,72	0,90	1,34	104,71
2008	5,83	15,27	27,77	59,02	18,76	6,89	3,50	2,23	1,44	0,95	1,20	2,33	145,19
2009	7,21	17,68	33,18	81,33	140,44	19,02	8,90	5,30	3,80	3,39	4,22	6,89	331,36
2010	20,24	22,77	25,65	75,06	16,00	10,28	5,62	2,97	1,54	2,23	2,36	7,10	191,82
2011	16,22	43,52	88,40	67,86	38,05	10,18	6,78	4,56	2,78	3,39	15,73	7,95	305,42
2012	11,98	20,17	32,54	18,30	11,45	9,25	5,41	3,18	1,95	1,48	1,75	10,60	128,06
2013	12,93	13,93	13,99	22,62	18,02	11,93	6,57	3,18	1,65	0,95	2,78	6,89	115,44
2014	10,07	13,07	20,03	30,33	48,97	9,56	3,71	2,44	1,75	1,80	10,08	11,45	163,26
Méd.	23,08	29,07	43,66	53,47	34,61	15,64	11,38	8,63	7,07	7,64	9,48	14,43	258,15
Máx	63,49	68,98	99,95	175,40	140,44	37,01	28,41	25,23	21,39	27,77	31,98	62,11	610,22
Mín	5,72	11,14	13,99	14,50	9,22	4,83	2,65	1,48	0,31	0,00	0,21	1,34	95,71
DP	13,97	15,86	24,36	38,90	26,46	7,69	6,70	5,92	5,71	6,47	7,27	12,47	131,22
CV	0,61	0,55	0,56	0,73	0,76	0,49	0,59	0,69	0,81	0,85	0,77	0,86	0,50

- Dados do TAPE2.DAT

Foram adotados os seguintes dados, correspondentes aos dados gerais do reservatório e das simulações:

- Garantia – 90%
- Horizonte de Simulação - Série Histórica
- **Curvas Cota x Volume -** os dados da curva cota x volume dos reservatórios utilizados nas simulações são mostrados no Capítulo 5.
- Capacidade do Reservatório – 1.014 hm^3
- **Volume Inicial -** Metade da capacidade inicial.
- **Evaporação líquida do lago (Evaporação – Precipitação) –** para calcular a evaporação líquida considerou-se a precipitação (Pi) do posto 444008 e a evaporação da estação climatológica de Barra do Corda. Os dados de evaporação (Ei) e dos coeficientes de distribuição das evaporações (ei) utilizados nas simulações do reservatório foram retirados de capítulo anterior.
- Onde o coeficiente de distribuição sazonal é obtido conforme a equação 5.6, a seguir:

$$ei=(Ei-Pi)/\sum(Ei-Pi). \qquad (5.6)$$

1.5.2.4.2. Reservatório João Santana

- Dados do TAPE3.DAT

A simulação do Reservatório João Santana utiliza como TAPE3.DAT as vazões afluentes ao Reservatório João Santana que foram obtidas multiplicando-se as vazões do posto Bonsucesso por um coeficiente que traduz a relação entre as áreas das duas bacias, admitindo-se que existe uma correlação linear entre as contribuições das bacias do Reservatório João Santana e a do posto fluviométrico citado. A **Tabela 1.17** apresenta as vazões afluentes.

Tabela 1.17 - Vazões Afluentes ao Reservatório João Santana

Ano	hm³/mês												(hm³/ano)
	Jan.	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1975	2,41	3,73	7,52	6,00	8,03	4,85	4,69	3,11	2,33	1,78	1,42	2,42	48,31
1976	2,27	3,73	5,89	5,70	4,07	2,72	2,01	1,57	1,23	1,28	1,06	0,86	32,41
1977	1,79	3,55	5,23	6,97	8,42	5,20	3,17	2,42	1,70	1,31	1,11	1,12	42,01
1978	2,18	1,85	4,12	3,50	6,12	2,80	2,35	2,04	1,32	1,03	0,92	1,23	29,46
1979	1,63	1,75	2,29	2,50	3,66	2,11	1,34	1,10	0,93	0,64	0,61	0,58	19,14
1980	1,17	2,06	4,82	3,24	2,85	1,82	1,25	0,95	0,70	0,63	0,64	0,48	20,61
1981	1,03	2,08	1,43	2,43	1,44	0,98	0,66	0,48	0,46	0,33	0,22	0,27	11,80
1982	0,61	1,44	2,23	1,90	1,75	0,95	0,58	0,37	0,27	0,22	0,23	0,26	10,78
1983	0,23	0,65	0,62	0,87	0,49	0,30	0,21	0,17	0,12	0,11	0,10	0,13	4,00
1984	0,49	0,58	1,65	3,71	7,37	3,27	1,93	1,27	1,19	0,84	0,66	0,58	23,53
1985	1,62	6,28	6,02	10,93	17,83	12,00	7,58	5,11	4,09	3,11	2,68	3,16	80,41
1986	4,23	6,00	12,30	13,94	11,83	8,73	5,73	4,49	3,56	3,16	2,58	2,39	78,96
1987	3,18	3,05	6,22	6,13	3,89	3,83	2,66	2,06	1,56	1,32	1,05	0,88	35,84
1988	1,97	2,70	4,78	6,26	9,15	4,50	3,48	2,69	1,89	1,41	1,19	1,66	41,69
1989	1,72	1,65	2,91	6,10	8,62	4,85	4,16	2,85	2,05	1,68	1,79	0,00	38,40
1990	0,00	3,42	3,76	3,52	4,42	2,81	2,45	1,65	1,18	0,88	0,85	0,86	25,80
1991	1,51	1,90	3,35	4,11	4,47	2,86	2,02	1,40	1,08	0,77	0,65	0,58	24,72
1992	0,66	1,36	1,61	1,89	0,98	0,72	0,56	0,42	0,30	0,26	0,25	0,24	9,26
1993	0,45	0,91	1,14	1,09	1,04	0,66	0,47	0,31	0,23	0,16	0,10	0,13	6,70
1994	0,82	1,25	1,86	3,01	3,01	1,97	1,55	0,95	0,61	0,40	0,29	0,31	16,02
1995	0,65	1,20	2,41	4,20	4,45	3,14	1,82	1,13	0,69	0,46	0,51	0,39	21,04
1996	0,97	1,26	3,65	5,57	6,16	3,34	2,23	1,47	0,89	0,62	0,50	0,59	27,24
1997	1,19	1,14	1,29	4,33	3,77	1,59	0,97	0,69	0,54	0,44	0,42	0,45	16,80
1998	1,01	1,50	2,37	2,50	1,58	0,86	0,67	0,53	0,43	0,39	0,40	0,43	12,68
1999	0,63	1,13	2,63	3,14	5,56	2,43	1,48	0,95	0,69	0,57	0,49	0,56	20,26
2000	1,20	1,39	2,59	6,65	4,28	2,61	2,58	1,46	0,98	0,72	0,56	0,61	25,62
2001	0,96	1,55	2,29	6,32	3,39	2,23	1,50	0,98	0,78	0,67	0,56	0,76	21,99
2002	1,28	1,29	2,66	4,40	3,59	2,04	1,31	0,90	0,65	0,47	0,39	0,50	19,48
2003	0,57	1,92	3,24	4,72	4,71	2,72	1,62	1,09	0,76	0,56	0,51	0,44	22,85
2004	1,10	4,12	3,31	3,18	2,73	2,33	1,45	1,00	0,68	0,47	0,36	0,32	21,05
2005	0,46	0,69	1,04	2,00	1,43	1,02	0,82	0,50	0,35	0,24	0,17	0,35	9,07
2006	0,87	1,07	1,73	2,85	5,35	2,05	1,16	0,73	0,52	0,33	0,28	0,32	17,26
2007	0,36	1,33	2,75	4,53	3,99	1,80	1,14	0,75	0,53	0,39	0,30	0,36	18,22
2008	0,57	0,95	2,33	6,38	5,60	3,78	1,93	1,25	0,84	0,60	0,47	0,47	25,17
2009	0,77	1,56	3,86	7,84	11,16	7,77	3,88	2,41	1,53	1,07	0,84	0,77	43,47
2010	1,12	1,25	1,26	2,10	1,91	1,49	0,99	0,69	0,49	0,41	0,39	0,54	12,65
2011	1,07	1,91	3,61	4,83	8,07	3,57	2,30	1,39	0,91	0,89	1,01	0,57	30,12
2012	1,06	1,62	1,66	1,51	0,91	0,75	0,63	0,41	0,30	0,23	0,18	0,24	9,50
2013	0,37	1,03	0,80	1,30	1,39	0,78	0,68	0,41	0,26	0,24	0,27	0,31	7,83
2014	0,58	1,34	1,04	1,41	3,02	1,80	0,87	0,49	0,28	0,17	0,16	0,11	11,26
2015	0,18	0,40	1,11	1,34	0,90	0,80	0,49	0,29	0,16	0,09	0,06	0,06	5,88
2016	0,26	0,40	1,16	2,30	0,87	0,58	0,36	0,20	0,09	0,04	0,00	0,05	6,32
2017	0,29	1,27	2,49	3,75	2,48	1,55	0,95	0,00	0,32	0,21			13,31
Méd.	1,10	1,89	3,05	4,21	4,58	2,77	1,88	1,28	0,94	0,73	0,65	0,65	23,70
Máx	4,23	6,28	12,30	13,94	17,83	12,00	7,58	5,11	4,09	3,16	2,68	3,16	610,22
Mín	0,00	0,40	0,62	0,87	0,49	0,30	0,21	0,00	0,09	0,04	0,00	0,00	5,88
DP	0,83	0,45	1,01	2,10	3,17	1,97	0,96	0,64	0,39	0,31	0,30	0,22	10,95
CV	0,76	0,24	0,33	0,50	0,69	0,71	0,51	0,50	0,42	0,42	0,47	0,33	0,462

– Dados do TAPE2.DAT

Foram adotados os seguintes dados, correspondentes aos dados gerais do reservatório e das simulações:

– Garantia – 90%
– Horizonte de Simulação – Série Histórica
– **Curvas Cota x Volume -** os dados da curva cota x volume dos reservatórios utilizados nas simulações são mostrados no Capítulo 5.
– Capacidade do Reservatório – 12,88 hm^3
– **Volume Inicial -** o reservatório foi considerado, inicialmente cheio (na realidade, esta condição não irá afetar os resultados, devido ao processo já se encontrar no seu estado de equilíbrio).
– **Evaporação líquida do lago (Evaporação – Precipitação) –** para calcular a evaporação líquida considerou-se a precipitação (Pi) do posto 404012 e a evaporação da estação climatológica de Caxias. Os dados de evaporação líquida (Ei) e dos coeficientes de distribuição das evaporações (ei), equação 5.6, utilizados nas simulações do reservatório foram retirados de capítulo anterior.

As evaporações líquidas dos dois reservatórios são apresentadas nas **Tabelas 1.18** e **1.19**.

Tabela 1.18 - Evaporação líquida do lago do reservatório Flores (em mm)

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	total
Ei	70,4	59,5	60	54,1	78,2	116,6	170	202,8	185,7	151,9	124,3	92,2	1365,7
Pi	187,1	226,8	284,1	198,9	86,1	23,8	11,7	7,8	11,8	37	62,5	103	1235,5
Ei-Pi	-116,7	-167,3	-224,1	-144,8	-7,9	92,8	158,3	195	173,9	114,9	61,8	-10,8	130,2
ei=(Ei-Pi) /soma(Ei-Pi)	-0,93285	-0,44973	-0,41554	-0,18968	-0,0087	0,101299	0,192275	0,293233	0,37	0,388045	0,34106	-0,09045	1

Fontes: INMET (1992), Hidroweb (www.hidroweb.ana.gov.br)

Tabela 1.19 - Evaporação líquida do lago do reservatório João Santana (em mm)

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	total
Ei	76.2	59.1	56.7	53.3	70.4	96.6	131.4	159.6	180.4	166.8	149.6	118.6	1318.7
Pi	189.7	212.5	273.4	254.8	134.6	29.2	13.5	11.1	7	23.5	42.7	112.5	1310.9
Ei-Pi	-113.5	-153.4	-216.7	-201.5	-64.2	67.4	117.9	148.5	173.4	143.3	106.9	6.1	7.8
ei=(Ei-Pi) /soma(Ei-Pi)	-7.9930	-10.8028	-15.2606	-14.1901	-4.5211	4.7465	8.3028	10.4577	12.2113	10.0915	7.5282	0.4296	0.354545

Fontes: INMET (1992), Hidroweb (www.hidroweb.ana.gov.br)

1.5.3. As Vazões Regularizadas pelos Reservatórios

Os reservatórios foram simulados com suas séries históricas e para o nível de garantia de 90%. Os resultados das simulações encontram-se nas **Tabelas 1.20** e **1.21**.

Além da vazão de garantia $Q_{reg90,}$ foi analizados o fator adimensinal de capacidade, que representa a capacidade máxima de armazenamento comparada com a sua vazão média anual afluente, Equação 5.7.

$$f_k = \mathbf{(K/\mu)} \qquad (5.7)$$

Onde, K é a capacidade do reservatório e μ é a volume médio anual afluente ao reservatório.

Foram analisados ainda como se distribui a vazão afluente aos reservatórios em função dos percentuais Regularizados (R), Sangrados (S) e Evaporados (E), conforme apresentado na **Tabela 1.21.**

Observa-se que o Açude Flores é um reservatório que tem capacidade (K) de acumular cerca de quatro vezes a vazão média afluente anual. Por possuir um CV relativamente baixo (0,49) e o lago sofrer baixas evaporações, o rendimento hidrológico do reservatório é extremamente elevado (cerca de 79% das vazões médias afluentes anuais são regularizadas, 1,92% são vertidas e 20% são evaporadas). A vazão regularizada com 90% de garantia Q_{reg90} é de 6,6 m³/s (205,7 hm³/ano).

Já o Açude Santos é um reservatório pequeno em relação às potencialidades da sua bacia; tem capacidade de acumular apenas 54% da vazão média afluente anual. Isto se traduz nas altas sangrias (cerca de 47%). Também sofre grandes perdas por evaporação (38%) e apenas cerca de 15% das vazões médias afluentes anuais são regularizadas. A vazão regularizada com 90% de garantia Q_{reg90} é de 0,124 m³/s (3,63 hm³/ano).

Tabela 1.20 - Características dos reservatórios simulados

Reservatório	Vazão Afluente Média Anual (μ) (hm³/ano)	CV	Capacidade (K) (hm³)	f_K (K/μ)
Flores	258,15	0,49	1.014,00	3,93
João Santos	23,94	0,7	12,88	0,54

Tabela 1.21 - Vazões regularizadas, evaporadas e sangradas dos reservatórios simulados para Garantia anual de 90%

Reservatório	Vazão Afluente Anual (μ) (hm³/ano)	Vazões (hm³/ano)			Percentuais da Vazão Afluente		
		vazão regularizada	sangria	evaporação	R (%)	S (%)	E (%)
Flores	258,15	205,07	6,24	58,32	79,44%	2,42%	22,59%
João Santos	23,94	3,63	11,09	9,23	15,16%	46,32%	38,55%

1.6. Determinação das Curvas de Permanência das Bacias do Estado do Maranhão

A curva de permanência ou de duração retrata a porcentagem de tempo em que determinada magnitude de vazão é igualada ou superada e é utilizada quando se deseja conhecer a permanência no tempo de determinados valores.

Segundo Tucci (2002), há que se definir: a) o tipo de variável (vazão ou nível); b) o intervalo de tempo da variável; e, c) o período dos dados em que a curva representa. Comumente utilizam-se os níveis de água para navegação, enquanto que as vazões são usadas quando se deseja conhecer a disponibilidade hídrica. O intervalo de tempo usual é o diário e o período da amostra geralmente é o dos anos disponíveis.

Observa-se que, apesar de ser possível utilizar valores diários, semanais, mensais (ou outros) nas séries de vazões utilizadas na regionalização, geralmente, as séries de valores utilizadas são as de valores de vazões diárias.

É relevante que se observe o tamanho das séries de vazões, pois as mesmas, segundo Tucci (2002), devem ter, pelo menos, 5 anos. Caso haja falhas na série, é preferível que não se faça o preenchimento por regressão, para não ser introduzidas tendenciosidades na mesma. Caso as falhas ocorram sempre em um determinado período do ano, em que existam vazões baixas, o posto não deve ser utilizado. Da mesma forma, o posto não deve ser utilizado quando não houver períodos representativos de pelo menos 5 anos.

Tucci (2002), ainda salienta que caso as falhas incidam principalmente nos períodos chuvosos, com vazões mais altas, os dados podem ser utilizados, porque o intervalo de vazões altas geralmente não é utilizado associado à curva de permanência. No entanto, deve-se verificar se as falhas não geram tendenciosidades no cálculo das probabilidades.

Para a determinação das vazões naturais das bacias do Maranhão realizou-se uma análise crítica dos dados para verificar a consistência das séries de vazões. Dessa forma, optou-se por utilizar apenas os anos sem falhas das séries de vazões, e as séries com extensão maiores que 15 anos.

A curva de permanência retrata a variabilidade da vazão ao longo do tempo e depende muito das características de regularização natural do rio. De acordo com Tucci (2002), normalmente, apresenta três segmentos: extremo superior, trecho médio e extremo inferior. O autor ressalta que nos extremos da curva ocorrem as inflexões marcantes, que retratam o comportamento da vazão máxima e das estiagens extremas, enquanto o comportamento do trecho médio representa a faixa dominante das vazões no rio.

Para elaborar a curva de permanência são necessários os seguintes procedimentos: i) ordenamento das vazões em ordem decrescente; ii) atribuição da ordem de classificação para cada vazão ordenada; iii) estimativa da probabilidade empírica de cada vazão ordenada a ser igualada ou superada; e iv) a elaboração de um gráfico.

A **Figura 1.72** apresenta cinco equações que são utilizadas para estimar a probabilidade empírica da vazão para cada posto fluviométrico. O presente trabalho adotou a equação de Cunnane, por ser independente da forma em que as vazões se distribuem.

Fórmula	Autor	Atributos de aplicação
$q_i = \frac{i}{n+1}$	Weibull	Probabilidades de excedência não enviesadas para todas as distribuições
$q_i = \frac{i-0,44}{n+0,12}$	Gringorten	Usada para quantis das distribuições de Gumbel e GEV
$q_i = \frac{i-0,375}{n+0,25}$	Blom	Quantis não enviesados para as distribuições Normal e Log-Normal
$q_i = \frac{i-0,5}{n}$	Hazen	Usada para quantis da distribuição Gama de 3 parâmetros
$q_i = \frac{i-0,40}{n+0,20}$	Cunnane	Quantis aproximadamente não enviesados para todas as distribuições

Figura 1.72 - Equações utilizadas para estimar a probabilidade empírica da vazão.

1.6.1. Curva de Permanência das Estações Fluviométricas das Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão

A **Tabela 1.22** apresenta as principais características dos 47 postos fluviométricos selecionados, assim como a vazão média.

Tabela 1.22 - Resumo das características e vazões médias dos postos fluviométricos

Código	Bacia	Estação	Município	Vazão Média (m^3/s)	Área (Km^2)	Extensão da Série	Anos sem Falhas
23250000	Tocantins	Goiatins	Goiatins	157,63	10.100,00	1972-2018	46
23300000	Tocantins	Carolina	Carolina	3.870,81	275.000,00	1972-2010	38
32540000	Gurupi	Fazenda Rural Zebu	Paragominas	116,45	16.300,00	1981-2018	37
32740000	Maracaçumé	Maracacume	Cândido Mendes	59,76	2.200,00	1972-2018	46
32850000	Turiaçu	Br-316 / Rio Paruá	Turiaçu	18,88	724,00	1982-2018	36
32830000	Turiaçu	Alto Turi	Monção	85,38	3.870,00	1972-2018	46
33215000	Mearim	Rio Corda Ii	Barra Do Corda	22,35	3.000,00	1982-2018	36
33205000	Mearim	Fazenda Remanso	Grajau	25,98	3.730,00	1979-2018	39
33270000	Mearim	Flores	Presidente Dutra	2,11	1.320,00	1971-2018	47
33250000	Mearim	Barra Do Corda	Barra Do Corda	60,65	13.200,00	1964-2018	54
33260000	Mearim	Santa Vitória	Barra Do Corda	62,43	15.400,00	1972-2018	46
33281000	Mearim	Pedreiras Ii	Pedreiras	88,27	24.000,00	1978-2018	40
33286000	Mearim	São Luiz Gonzaga	São Luís Gonzaga Do Maranhão	95,91	25.200,00	1989-2018	29

Código	Bacia	Estação	Município	Vazão Média (m^3/s)	Área (Km^2)	Extensão da Série	Anos sem Falhas
33290000	Mearim	Bacabal	Bacabal	106,25	25.500,00	1975-2018	43
33330000	Mearim	Fortaleza	Grajau	15,24	3.590,00	1979-2018	39
33321000	Mearim	Grajau II	Grajau	24,42	4.510,00	1978-2018	40
33365000	Mearim	Fazenda Sabesa	Vitorino Freire	38,15	17.200,00	1999-2018	19
33380000	Mearim	Aratoí Grande	Bela Vista Do Maranhão	105,05	20.300,00	1970-2018	48
33170000	Mearim	Esperantina	Santa Luzia	19,56	5.930,00	1973-2018	45
33025000	Mearim	Vale Do Pindaré	Açailândia	22,65	5.480,00	1981-2018	37
33080000	Mearim	Alto Alegre	Alto Alegre Do Pindaré	122,16	23.400,00	2000-2018	18
33190000	Mearim	Pindaré-Mirim	Pindaré-Mirim	203,64	35.400,00	1972-2018	46
33410000	Itapecuru	São Felinho	Colinas	16,49	3.660,00	1999-2018	19
33420000	Itapecuru	Mirador	Mirador	17,45	6.060,00	1969-2018	49
33450000	Itapecuru	Campo Largo	Mirador	32,65	5.750,00	1971-2018	47
33460000	Itapecuru	Porto Do Lopes	Mirador	33,02	6.890,00	1971-2018	47
33480000	Itapecuru	Colinas	Colinas	55,33	15.000,00	1969-2018	49
33520000	Itapecuru	Mendes	Buriti Bravo	6,13	5.320,00	1973-2018	45
33620000	Itapecuru	Fazenda Sobral	Codó	35,52	5.560,00	1972-2018	46
33530000	Itapecuru	Montevidéu	Governador Eugenio Barros	61,96	27.300,00	1976-2018	42
33550000	Itapecuru	Caxias	Caxias	68,92	32.700,00	1964-2018	54
33590000	Itapecuru	Codó	Codó	109,65	37.200,00	1969-2018	49
33630000	Itapecuru	Coroatá	Coroata	155,48	43.800,00	1975-2018	43
33680000	Itapecuru	Cantanhede	Cantanhede	225,32	49.900,00	1969-2018	49
33750000	Munim	Bonsucesso	Chapadinha	7,89	1.610,00	1999-2018	19
33760000	Munim	São Benedito	São Benedito Do Rio Preto	26,64	3.990,00	1975-2018	43
33730000	Munim	Munim	Vargem Grande	31,43	4.210,00	1971-2018	47
33780000	Munim	Nina Rodrigues	Nina Rodrigues	103,86	12.600,00	1963-2018	55
34030000	Parnaíba	Medonho	Alto Parnaíba	26,69	2.680,00	1999-2018	19
34020000	Parnaíba	Alto Parnaíba	Alto Parnaíba	112,19	12.900,00	1966-2018	52
34040000	Parnaíba	Fazenda Paracati	Ribeiro Gonçalves	202,58	25.500,00	1973-2018	45
34040500	Parnaíba	Fazenda Paracati II	Ribeiro Gonçalves	182,71	25.500,00	1996-2018	22
34130000	Parnaíba	Balsas	Balsas	103,42	9.040,00	1973-2018	45
34145000	Parnaíba	Neves BR-230	São Raimundo Das Mangabeiras	18,22	2.140,00	1999-2018	19
34170000	Parnaíba	São Félix De Balsas	São Félix De Balsas	192,31	24.700,00	1973-2018	45
34311000	Parnaíba	Barão De Grajaú	Barão De Grajaú	486,44	140.000,00	1983-2018	35

Fonte: Hidroweb (www.hidroweb.ana.gov.br)

As **Tabelas 1.23** a **1.31** apresentam as curvas de permanência das vazões para os postos selecionados. O Anexo 1 apresenta os gráficos das curvas de permanência para cada um dos postos selecionados.

Tabela 1.23 - Curvas de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Tocantins (m³/s)

Nível de Permanência (%)	Estação	
	23250000	23300000
95	65,39	1088,14
90	71,02	1247,80
85	75,76	1388,21
80	80,56	1518,38
75	85,41	1660,34
70	91,30	1805,37
65	97,25	1977,45
60	105,28	2180,59
55	112,40	2453,29
50	120,63	2774,39

Tabela 1.24 - Curva de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Gurupi (m³/s)

Nível de Permanência (%)	Estação
	32540000
95	49,42
90	59,25
85	68,62
80	73,94
75	80,56
70	84,70
65	88,21
60	91,78
55	95,40
50	99,82

Tabela 1.25 - Curva de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Sistema Maracaçumé (m³/s)

Nível de Permanência (%)	Estação
	32740000
95	0,52
90	1,00
85	1,55
80	2,32
75	3,33
70	4,44
65	6,16
60	8,27
55	11,22
50	15,23

Tabela 1.26 - Curva de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas do Sistema Maracaçumé (m³/s)

Nível de Permanência (%)	Estação	
	32850000	32830000
95	0,33	1,99
90	0,59	3,27
85	0,89	4,72
80	1,21	6,51
75	1,63	9,03
70	2,18	12,35
65	2,88	17,08
60	3,84	22,76
55	5,33	29,67
50	7,26	37,87

Tabela 1.27 - Curva de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Turiaçu (m³/s)

Nível de Permanência (%)	Estação	
	32850000	32830000
95	0,33	1,99
90	0,59	3,27
85	0,89	4,72
80	1,21	6,51
75	1,63	9,03
70	2,18	12,35
65	2,88	17,08
60	3,84	22,76
55	5,33	29,67
50	7,26	37,87

Tabela 1.28 - Curvas de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Munim (m³/s)

Nível de Permanência (%)	Estação			
	33750000	33760000	33730000	33780000
95	1,00	3,03	0,43	5,81
90	1,30	4,41	0,63	8,72
85	1,54	5,51	0,90	10,99
80	1,79	6,67	1,15	12,98
75	2,12	7,72	1,50	15,99
70	2,64	9,00	1,99	19,15
65	3,09	10,46	2,64	22,50
60	3,60	12,11	3,60	26,59
55	4,20	13,88	4,75	31,68
50	4,74	15,88	6,39	38,60

Tabela 1.29 - Curvas de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Mearim (m³/s)

Nível de Permanência (%)	Estação															
	33170000	33025000	33080000	33190000	33215000	33205000	33250000	33260000	33270000	33281000	33286000	33290000	33330000	33321000	33365000	33380000
95	1,22	12,28	25,03	15,49	15,43	12,28	35,04	34,28	0,21	37,86	36,28	37,85	0,98	2,61	2,7	25,03
90	2,1	13,47	28,93	27,46	16,65	13,47	37,58	36,86	0,34	40,93	39,79	42,26	1,24	3,29	3,34	28,93
85	2,82	14,29	32,11	32,06	17,27	14,29	39,7	39,48	0,48	44,73	44,17	45,48	1,42	3,88	4	32,11
80	3,26	14,7	34,83	36,45	17,9	14,7	41,58	41,26	0,6	46,76	46,88	48,11	1,53	4,52	4,96	34,83
75	3,72	15,12	39,7	40,91	18,53	15,12	43,24	42,98	0,71	48,88	48,62	50,77	1,74	5,21	5,86	39,7
70	4,29	15,96	43,69	45,57	18,85	15,96	45,18	44,42	0,85	51,21	50,86	52,79	1,99	5,94	7,02	43,69
65	4,91	16,82	49,64	52,23	19,49	16,82	46,9	46,08	0,99	53,31	53,14	55,52	2,24	6,73	8	49,64
60	5,61	17,25	55,51	60,5	20,14	17,25	49	47,92	1,13	56,07	55,25	57,94	2,49	7,57	9,64	55,51
55	6,42	18,56	63,8	72,52	21,12	18,56	50,98	49,77	1,26	58,5	58,12	61,29	2,86	8,75	11,38	63,8
50	7,43	19,46	71,83	91,97	21,45	19,46	53,03	52,19	1,4	61,34	62,25	65,34	3,26	10,07	14,09	71,83

Tabela 1.30 - Curvas de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Itapecuru (m³/s)

Nível de Permanência (%)	Estação											
	33410000	33420000	33450000	33460000	33480000	33520000	33620000	33530000	33550000	33590000	33630000	33680000
95	9,94	9,20	24,19	24,13	33,84	0,65	0,58	35,31	33,81	35,54	37,11	36,76
90	10,66	10,11	25,50	25,35	36,56	0,78	0,75	37,56	36,58	38,93	40,81	40,58
85	11,18	10,74	26,25	26,05	38,56	0,90	1,03	39,64	38,61	42,12	44,21	44,53
80	11,60	11,47	27,00	26,76	40,65	0,99	1,36	41,15	40,60	44,80	47,60	48,59
75	12,07	12,21	27,68	27,48	42,19	1,08	1,73	42,37	42,17	46,86	50,31	52,16
70	12,69	12,69	28,32	28,21	43,77	1,23	2,26	43,93	44,05	49,18	53,17	55,50
65	13,24	13,26	28,97	28,94	45,40	1,33	2,74	45,61	46,01	51,97	56,95	59,76
60	13,81	13,76	29,79	29,68	46,99	1,41	3,40	47,41	47,91	55,34	60,34	64,59
55	14,61	14,41	30,67	30,43	48,56	1,54	4,13	49,08	50,33	58,58	64,00	69,78
50	15,20	15,09	31,52	31,19	50,57	1,71	5,26	51,01	52,85	63,03	69,58	77,12

Tabela 1.31 - Curvas de Permanência das Vazões das Estações Fluviométricas da Bacia do Parnaíba (m³/s)

Nível de Permanência (%)	Estação							
	34030000	34020000	34040000	34040500	34130000	34145000	34170000	34311000
95	14,72	69,26	121,99	115,38	59,50	10,03	91,28	274,08
90	15,05	71,90	128,87	118,98	63,57	10,65	97,11	293,16
85	15,61	74,57	135,28	122,75	66,51	10,97	103,09	308,21
80	16,05	76,73	140,96	126,43	70,07	11,29	107,98	326,45
75	16,73	79,34	145,56	130,53	74,09	11,78	114,23	341,44
70	17,42	82,11	150,99	135,66	77,24	11,94	119,34	353,57
65	18,13	84,91	156,10	140,04	81,13	12,61	125,86	367,99
60	18,85	88,11	160,87	146,06	84,72	13,11	133,88	380,58
55	19,95	91,85	168,12	152,85	88,79	13,80	141,18	394,24
50	20,86	95,18	174,43	159,22	92,68	14,51	147,97	414,82

A **Tabela 1.32** apresenta o resumo das vazões com nível de permanência igual a 90% para todos os postos analisados.

Tabela 1.32 - Vazão com nível de permanência igual a 90% para os postos fluviométricos analisados.

Código	Bacia	Qp90 (m³/s)
23250000	Tocantins	71,02
23300000	Tocantins	1247,80
32540000	Gurupi	59,25
32740000	Maracaçumé	1,00
32850000	Turiaçu	0,59
32830000	Turiaçu	3,27
33215000	Mearim	16,65
33205000	Mearim	13,47
33270000	Mearim	0,34
33250000	Mearim	37,58
33260000	Mearim	36,86
33281000	Mearim	40,93
33286000	Mearim	39,79
33290000	Mearim	42,26
33330000	Mearim	1,24
33321000	Mearim	3,29
33365000	Mearim	3,34
33380000	Mearim	28,93
33170000	Mearim	2,10
33025000	Mearim	13,47
33080000	Mearim	28,93
33190000	Mearim	27,46
33410000	Itapecuru	10,66
33420000	Itapecuru	10,11
33450000	Itapecuru	25,50
33460000	Itapecuru	25,35
33480000	Itapecuru	36,56
33520000	Itapecuru	0,78
33620000	Itapecuru	0,75
33530000	Itapecuru	37,56
33550000	Itapecuru	36,58
33590000	Itapecuru	38,93
33630000	Itapecuru	40,81
33680000	Itapecuru	40,58
33750000	Munim	1,30
33760000	Munim	4,41
33730000	Munim	0,63
33780000	Munim	8,72
34030000	Parnaíba	15,05
34020000	Parnaíba	71,90
34040000	Parnaíba	128,87
34040500	Parnaíba	118,98
34130000	Parnaíba	63,57
34145000	Parnaíba	10,65
34170000	Parnaíba	97,11
34311000	Parnaíba	293,16

Fonte: Hidroweb (www.hidroweb.ana.gov.br)

1.6.2. As Bacias sem Dados de Vazão

Para a determinação das vazões de permanência em bacias sem dados utilizou-se a metodologia de regionalização. Para esse estudo utilizou-se as áreas de drenagem das respectivas estações fluviométricas como variável explicativa para determinar o valor da variável regionalizada $Q_{P90\%}$.

Para a regionalização das vazões para as bacias que não possuem estações fluviométricas, foram utilizados dados das bacias do Parnaíba (7 postos), Munim (3 Postos), Turiaçu (2 postos) e Maracaçumé (1 posto). No caso dos postos existentes na bacia do Turiaçu e Maracaçumé foi construída uma curva que representa toda a região litorânea oeste, visto as características similares de chuva, solo e evaporação.

Na **Tabela 1.33** observa-se as 13 estações utilizadas na regressão, com suas respectivas áreas de drenagem.

Tabela 1.33 - Dados utilizados na regionalização das vazões de permanência QP90%

CÓDIGO	BACIA	Qp90 (m³/s)	Área (km²)
33750000	Munim	1.30	1610.00
33760000	Munim	4.41	3990.00
33780000	Munim	8.72	12600.00
34030000	Parnaíba	15.05	2680.00
34020000	Parnaíba	71.90	12900.00
34040000	Parnaíba	128.87	25500.00
34040500	Parnaíba	118.98	25500.00
34130000	Parnaíba	63.57	9040.00
34145000	Parnaíba	10.65	2140.00
34170000	Parnaíba	97.11	24700.00
32740000	Maracaçumé	1.00	2200.00
32850000	Turiaçu	0.59	724.00
32830000	Turiaçu	3.27	3870.00

Fonte: Hidroweb (www.hidroweb.ana.gov.br)

A **Figura 1.73** apresenta o ajuste, para a bacia do rio Munim, que também apresenta um elevado r^2, igual a 0,948, para uma equação exponencial.

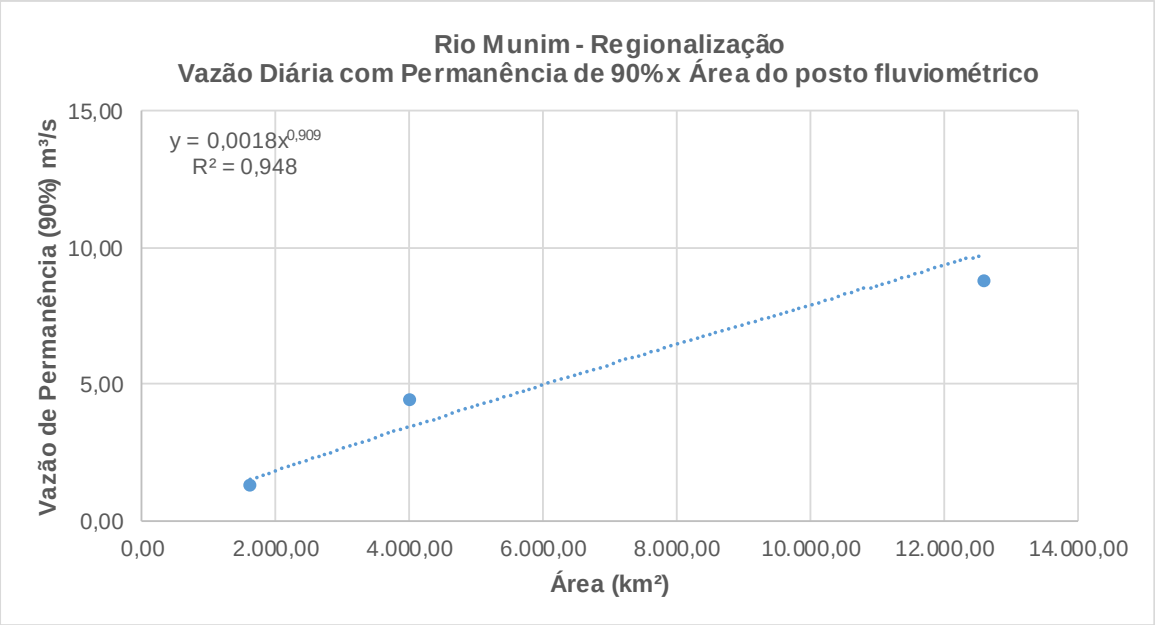


Figura 1.73 - Regionalização da vazão com 90% de permanência para o rio Munim

Por fim, a **Figura 1.74** apresenta o ajuste, para a bacia do rio Parnaíba, que também apresenta um elevado r², igual a 0,9725, para uma equação exponencial.

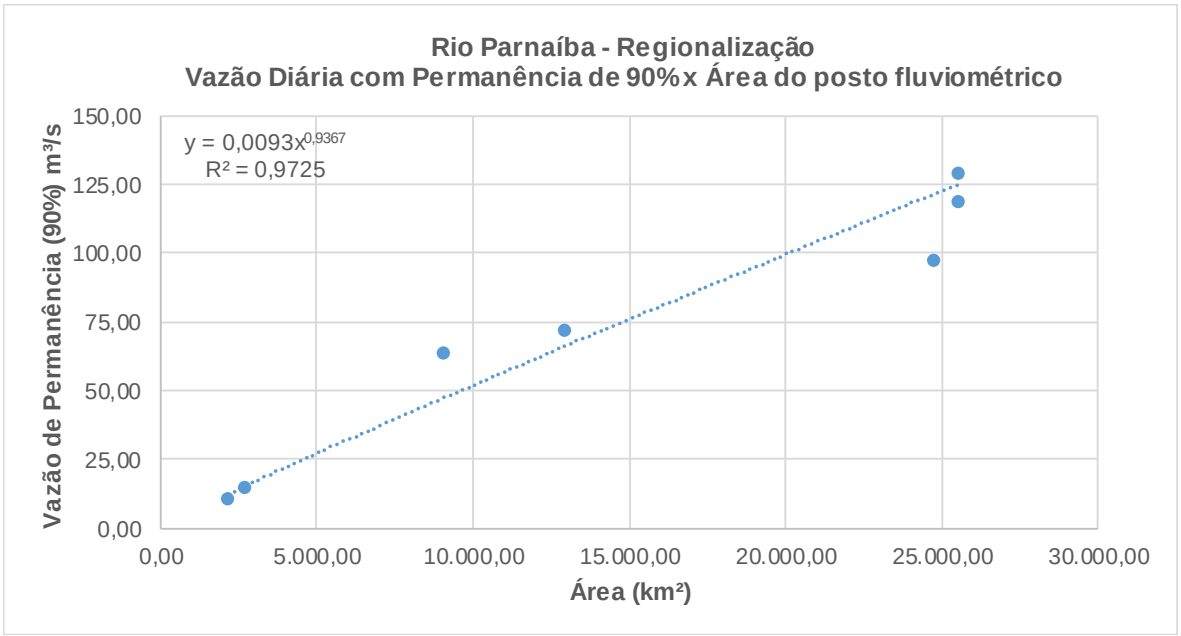


Figura 1.74 - Regionalização da vazão com 90% de permanência para o rio Parnaíba

A **Figura 1.75** apresenta o ajuste, para as bacias localizadas no litoral oeste do estado, Maracaçumé e Turiaçu, que também apresenta um elevado r², igual a 0,9651, para uma equação exponencial.

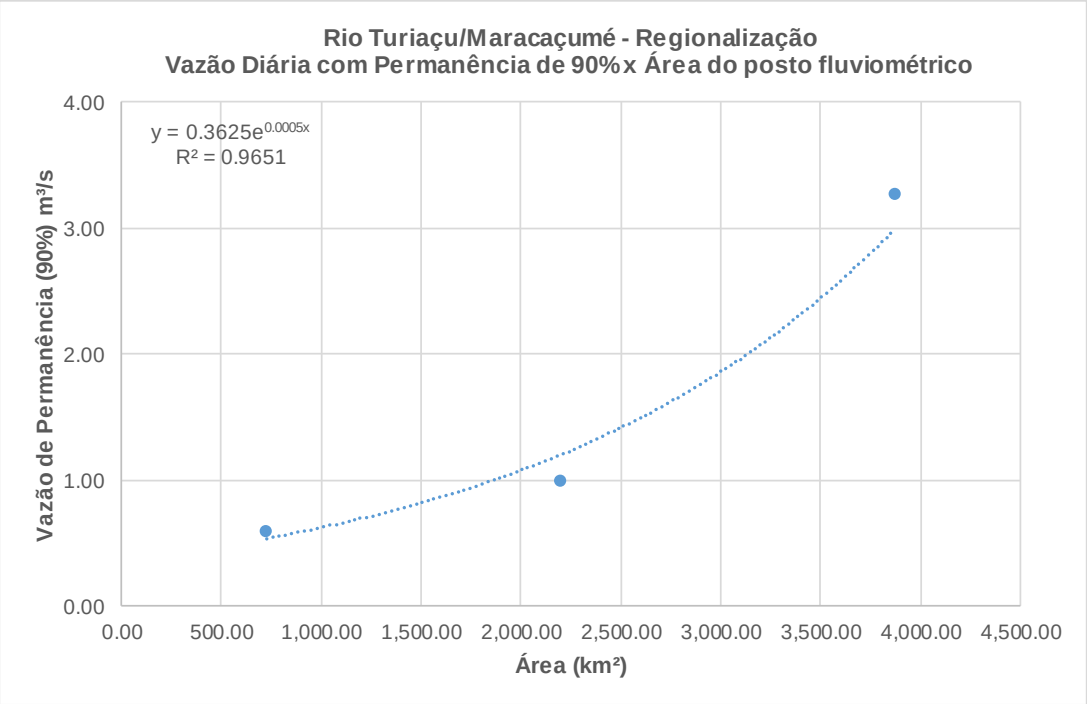


Figura 1.75 - Regionalização da vazão com 90% de permanência para as bacias do rio Maracaçumé e Turiaçu

Sendo assim, no caso onde não se disponha de dados fluviométricos, a vazão média diária com permanência de 90% ($Q_{P90\%}$) é estimada pelas equações apresentadas, levando-se em consideração o regime de chuvas e evaporação, as condições naturais da região como geomorfologia, geologia e solos, apresentados anteriormente, visando selecionar a curva que possua regime hidrológico mais parecido com a bacia que não contem dados.

1.6.3. As Vazões de Permanência nas Bacias Hidrográficas Estaduais

Apresenta-se a seguir a metodologia de regionalização utilizada em cada bacia/sistema estadual. Na **Tabela 1.34** está apresentado o resumo de $Q_{p90\%}$ em cada sistema ou bacia hidrográfica estadual.

Tabela 1.34 - Vazão com nível de permanência igual a 90% para cada bacia ou sistema hidrográfico estadual

Bacia/Sistema Hidrográfico	Rio	Qp90 (m³/s)
Mearim	Rio Pindaré	27,5
	Rio Grajaú	28,9
	Rio Mearim	42,3
Munim	Rio Munim	11,1
Itapecuru	Rio Itapecuru	43,3
Maracaçumé	Rio Maracaçumé	2,7
Periá	Rio Azul	0,8
	Rio Alegre	1,0
	Rio Periá	1,2
Turiaçu	Rio Turiaçu	9,5
	Rio Parana	1,7
Preguiças	Rio Preguiças	3,1
	Rio da Fome	1,4
	Rio Barro Duro	0,7
Litoral Ocidental	Rio Uru	0,7
	Rio Aura	0,6
	Rio Pericumã	1,8

1.6.3.1. Bacia do Maracaçumé

No caso do rio Maracaçumé foi necessário o transporte dos dados do posto fluviométrico 32740000 para o exutório da bacia. Tal transposição foi realizada por equivalência de áreas. O referido posto possui vazão de permanência de 1,00 m³/s drenando uma área de 2.200 km². Para o exutório da bacia, tem-se uma vazão com 90% de permanência de 2,70 m³/s.

1.6.3.2. Bacia do Rio Turiaçu

O rio Turiaçu possui duas estações fluviométricas em sua bacia - uma no rio Paraná (afluente do Turiaçu) e outra na calha do rio principal. Os dados da estação do rio Paraná foram transferidos por equivalência de área para o seu exutório; o mesmo foi realizado com o posto do rio Turiaçu, descontando a contribuição do rio Paraná. Para o exutório da bacia, tem-se uma vazão com 90% de permanência de 9,52 m³/s (onde 1,80 m³/s são contribuições do rio Paraná).

1.6.3.3. Bacia do Rio Mearim

O rio Mearim possui dois afluentes nas proximidades de seu exutório - rio Pindaré e rio Grajaú. Sendo assim, a $Q_{p90\%}$ na bacia do Mearim foi calculada considerando a soma da vazão de permanência de três postos fluviométricos – Posto 33190000 (Rio Pindaré), Posto 33380000 (Rio Grajaú) e o posto 3329000 (Rio Mearim – a montante da confluência dos outros dois afluentes). Cabe destacar que a jusante de tais estações, não foram percebidos

afluentes com contribuições significantes que pudessem ocasionar erros na estimativa. Para o exutório da bacia, tem-se uma vazão com 90% de permanência de 98,65m³/s.

1.6.3.4. Bacia do Rio Itapecuru

No caso do rio Itapecuru foi necessário o transporte dos dados de vazão do posto fluviométrico 33680000 para o exutório da bacia, que fica aproximadamente 95 km do exutório. O referido posto possui vazão de permanência de 40,58 m³/s drenando uma área de 49.900 km². Sendo assim, para o exutório da bacia, tem-se uma vazão com 90% de permanência de 43,28 m³/s.

1.6.3.5. Bacia do Rio Munim

Utilizou-se o posto fluviométrico 33780000; o referido posto possui vazão de permanência de 8,72 m³/s drenando uma área de 12.600 km². Sendo assim, para o exutório da bacia, tem-se uma vazão com 90% de permanência de 11,06 m³/s.

1.6.3.6. Bacia do Sistema Periá

O sistema Periá possui três rios importantes - o Rio Azul, Rio Alegre e o Rio Periá – mas não tem dados observados de vazão com quantidade e qualidade necessárias. Assim, a vazão de 90% de permanência foi estimada a partir da regressão linear obtida a partir dos postos fluviométricos da bacia do rio Munim. Tal escolha se deu em função da proximidade das bacias e aos regimes pluviométricos e evaporimétricos semelhantes.

O rio Azul possui área de contribuição de 806 km², o rio Grande uma área de 1.011 km² e, por fim, o Periá, com 1.246 km² de área de drenagem. Sendo assim, para o exutório da bacia, tem-se uma vazão com 90% de permanência de 2,93 m³/s, sendo 0,78 m³/s do rio Azul, 0,97 m³/s do rio Alegre e 1,17 m³/s do rio Periá.

1.6.3.7. Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental

O sistema Litoral Ocidental é composto por diversos rios, com importante destaque para os rios Uru, Aura e Pericumã. Para de determinar as vazões de permanência da bacia foi considerada a curva de regressão obtida a partir dos postos fluviométricos das bacias do Maracaçume e Turiaçu.

O rio Uru possui área de contribuição de 1.226 km², o rio Aura uma área de 1.010 km² e, por fim, o Pericumã, com 3.250 km² de área de drenagem. Sendo assim, para o exutório da bacia, tem-se uma vazão com 90% de permanência de 3,11 m³/s, sendo 0,67 m³/s do rio Uru, 0,60 m³/s do rio Aura e 1,84 m³/s do rio Pericumã.

1.6.3.8. Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses

De maneira análoga a publicação intitulada "Bacias Hidrográficas e Climatologia do Maranhão" elaborado pelo NUGEO, para o sistema hidrográfico composto pelas diversas ilhas do litoral Maranhense não foram calculados dados de disponibilidades hídricas, devido as pequenas áreas de contribuição das bacias, e aos pequeníssimos corpos hídricos ocasionalmente gerados pelo escoamento superficial.

1.6.3.9. Bacia do Sistema Preguiças

O sistema Preguiças possui três rios importantes - Rio Preguiças, Rio da Fome e o Rio Barro Duro. Entretanto a bacia não possui postos fluviométricos com dados ou qualidade suficientes. Sendo assim, para a determinação da vazão com 90% de permanência, foi utilizada a regressão linear obtida a partir dos postos fluviométricos da bacia do rio Munim. Tal escolha se deu devido a proximidade das bacias, e aos regimes pluviométricos e evaporimétricos semelhantes.

O rio Preguiças possui área de contribuição de 3.671 km², gerando uma vazão de permanência de 3,13 m³/s; o rio da Fome tem área de 1.460 km² e $Q_{p90\%}$ de 1,35 m³/s e, por fim, o rio Barro Duro, com área de 694 km² tem vazão de permanência de 0,69 m³/s. Sendo assim, para o exutório da bacia, tem-se uma vazão com 90% de permanência de 5,17 m³/s.

1.6.4. As Vazões de Permanência nas Bacias Hidrográficas Federais

Apresenta-se a seguir a metodologia de regionalização utilizada em cada bacia federal em que apenas parte desta se encontra no Estado do Maranhão, e na **Tabela 1.35** o resumo dos valores de $Q_{p90\%}$ em cada bacia hidrográfica federal.

Tabela 1.35 - Vazão com nível de permanência igual a 90% para cada bacia hidrográfico federal

Bacia Hidrográfica	Rio	$Q_{p90\%}$ (m³/s)
Parnaíba	Rio Parnaibinha	28,1
	Rio Balsas	100,4
	Rio Medonho	15,1
	Ribeirão Babilônia	7,7
	Riacho Riachão	20,5
	Rio Bacuri	13,7
Tocantins	Rio Sereno	31,6
	Rio Farinha	36,5
	Rio Itaueiras	9,1
Gurupi	Rio Açailândia	12,0

1.6.4.1. Bacia do Rio Parnaíba

Na porção Maranhense, o rio Parnaíba possui cinco contribuintes importantes - o rio Parnaibinha, o rio Balsas, o rio Medonho, o Ribeirão da Babilônia, o Riacho do Riachão e o rio Bacuri. Destes, apenas o rio Medonho e o rio Balsas possuem estações fluviométricas com dados disponíveis em qualidade e quantidade.

A estação existente no rio Medonho (3403000) encontra-se próximo à confluência com o rio Parnaíba, não sendo necessária a sua transposição. No caso do rio Balsas, os dados da estação 34170000 foi transferida para o exutório do rio por equivalência de áreas. As vazões de permanência dos demais rios da bacia foram obtidas considerando a regressão linear estimada a partir das estações fluviométricas da bacia do Parnaíba.

Sendo assim, para a porção maranhense da Bacia do Parnaíba, tem-se uma vazão com 90% de permanência de 185,30 m³/s, onde 28,10 m³/s são provenientes do rio Parnaibinha, 100,36 m³/s do rio Balsas, 15,05 m³/s do rio Medonho, 7,65 m³/s do Ribeirão da Babilônia, 20,46m³/s do riacho Riachão e 13,69 m³/s do rio Bacuri.

1.6.4.2. Bacia do Rio Tocantins

A Bacia do rio Tocantins possui três afluentes importantes na sua porção Maranhense - o rio Preguiças, o rio da Fome e o Rio Itaueiras. Para a determinação das vazões de 90% de permanência foi utilizada a estação 23250000, pelo método da regionalização de áreas. Sendo assim a vazão de permanência do rio Tocantins na sua porção maranhense é de 77,14 m³/s, onde 31,63m³/s é proveniente do rio Sereno, 36,46 m³/s do rio Farinha e 9,05 m³/s do rio Itaueiras.

1.6.4.3. Bacia do Rio Gurupi

No caso do rio Gurupi, as vazões no estado do Maranhão são provenientes do rio Açailândia, que possui área de drenagem (antes da confluência com o Gurupi) de 3288 km². Utilizando os dados da estação 3254000, foi obtido um valor de 11,95 m³/s para a vazão de permanência do rio Açailândia na bacia do Gurupi.

1.7. Determinação das Vazões Transferidas por Adutoras entre as Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão

Para a determinação das estruturas que eventualmente podem fazer a transferência de vazões de uma bacia para outra, foi utilizada o Atlas Nacional de Abastecimento de Água (ANA, 2010). No atlas é possível identificar qual o tipo de fonte de abastecimento de água de cada município brasileiro; se o sistema é isolado ou integrado e ainda informações sobre vazões de captação.

Foram identificados 237 sistemas de abastecimento para atender os 217 municípios maranhenses, dos quais 53 sistemas possuem captação superficial e 184 captações subterrâneas. Dos 57 com captação superficial, 48 são do tipo isolado, ou seja, não geram transferência de vazões entre bacias e possuem captações próximas ao destino final, não sendo de interesse para este estudo.

Analisa-se a seguir quatro sistemas adutores, com demandas diárias variando de 7 l/s até 3.659 l/s, estando nesse contexto o sistema que abastece a capital São Luis.

A **Tabela 1.36** apresenta o resumo com os sistemas superficiais e integrados que são de interesse para o estudo, com suas principais características. A **Figura 1.76** apresenta a localização dos quatro sistemas.

Tabela 1.36 - Lista dos Sistemas Adutores Integrados do Estado do Maranhão

Cod	Sistema	Município	Sub-Bacia	Operadora	População (2015)	Demanda Média - 2015 (L/s)	Manancial
1	SIS São Luís	São Luís	Itapecuru	CAEMA	1.116.857	4.305	Rio Itapecuru
2	Integrado Cantanhede- Matões do Norte- Miranda do Norte	Cantanhede	Itapecuru	CAEMA	11.550	30	Rio Itapecuru
3	Integrado Nina Rodrigues - Vargem Grande	Vargem Grande	Munim	CAEMA	24.259	63	Rio Munim
4	Integrado Pedreiras-Trizidela do Vale	Pedreiras	Mearim	CAEMA	42.254	118	Rio Mearim

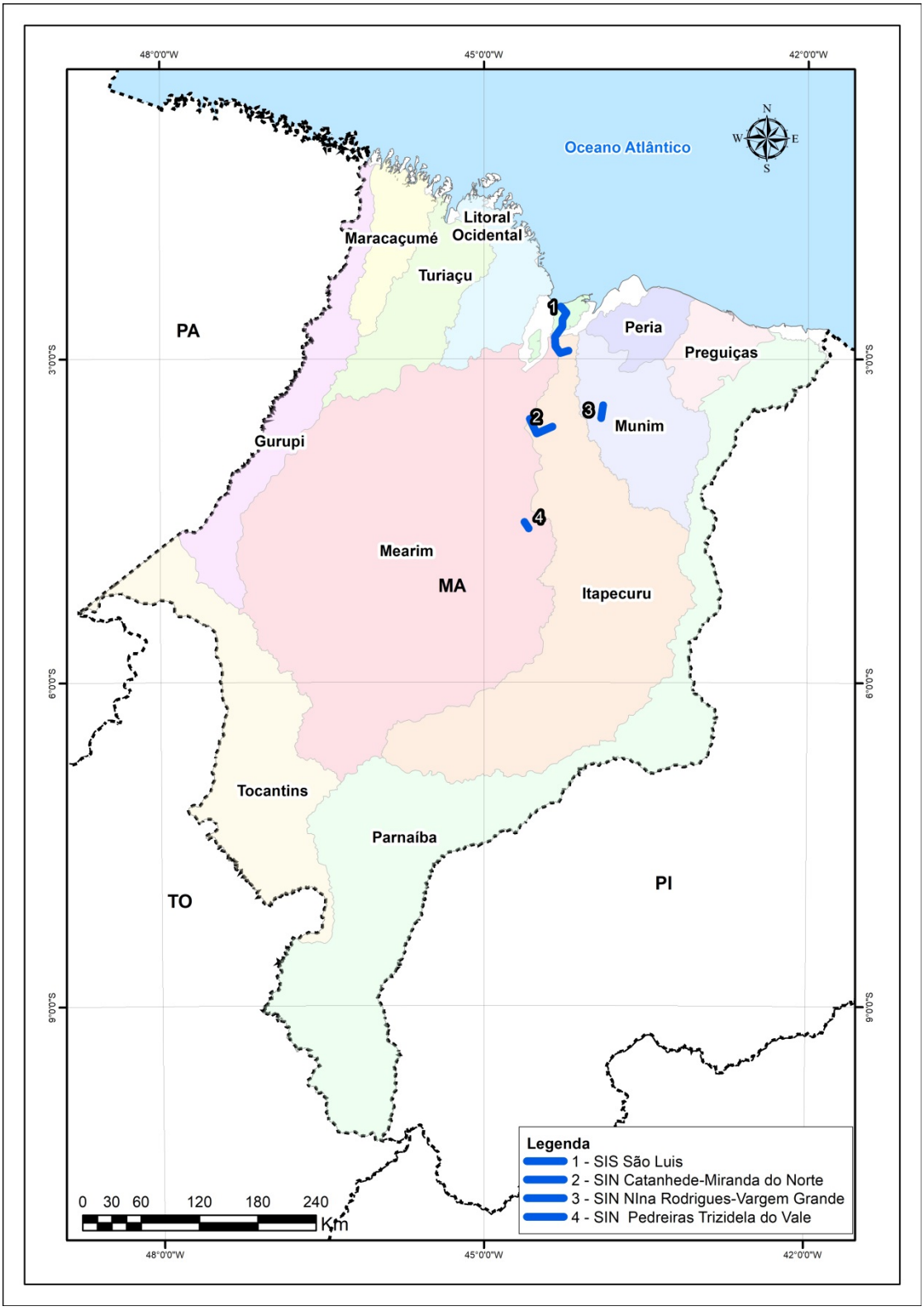


Figura 1.76 - Localização dos Sistemas Adutores Existentes no Estado do Maranhão

Cabe destacar que apenas o sistema SIS São Luís realiza transferência de vazões de uma bacia para outra. A **Figura 1.77** apresenta o esquema fornecido pela ANA do referido sistema adutor.

Sendo assim a única vazão de transferência entre bacias por meio de sistemas adutores é do sistema que abastece a Grande São Luís com uma captação no rio Itapecuru de aproximadamente 4,36 m³/s.

1.8. Disponibilidades Hídricas Totais nas Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão

Este capítulo sintetiza os resultados do Estudo das Disponibilidades Hídricas Superficiais de cada Bacia Hidrográfica do Estado.

A disponibilidade hídrica superficial (D) é um parâmetro hidrológico que define a quantidade de água superficial que se pode dispor em uma bacia. Definiu-se que o ponto de determinação da disponibilidade de cada bacia seria no seu exutório.

$$D = Q_{p90\%} + Q_{reg90\%} + Q_{transf} \ (m^3/ano) \qquad (8.1)$$

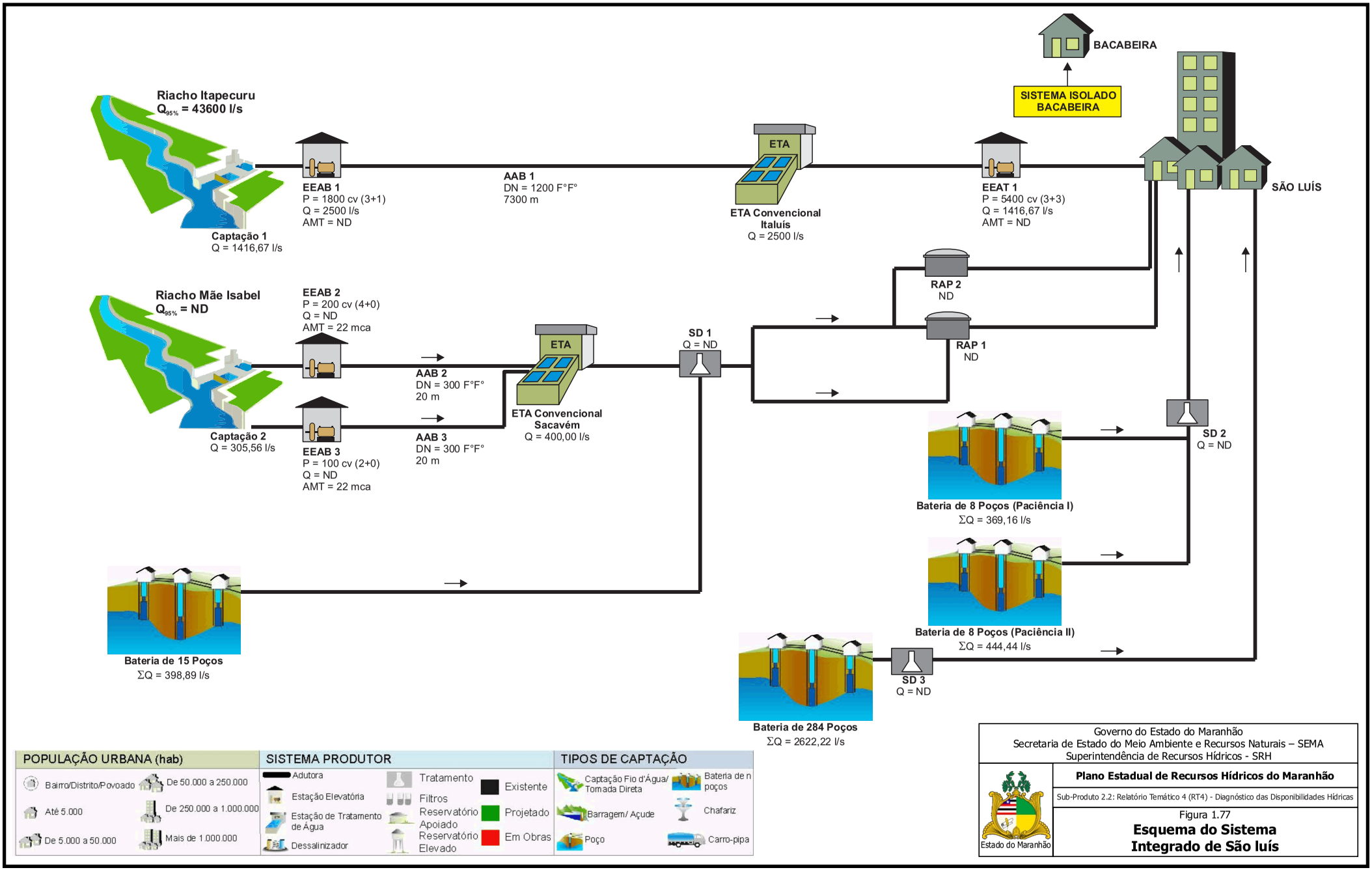
Onde:

$Q_{p90\%}$ - Vazões médias diárias com permanência de 90%;

Q_{reg90} - Vazões regularizadas por reservatórios > 10 hm³ (G=90%)

Q_{transf} - Vazões transferidas

As vazões médias diárias anuais com nível de permanência de 90%, as vazões regularizadas (G=90%) e vazões transferidas adotados neste estudo são apresentadas na **Tabela 1.37**.



Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 1.77

Esquema do Sistema Integrado de São luís

As vazões regularizadas com nível de garantia anual de 90% – $Q_{reg90\%}$ - pelos reservatórios de acumulação superior a 10 hm³ foram estimadas e agrupadas por bacia. No caso das vazões transferidas - Q_{transf} - foram considerados os aportes, como positivos, e as retiradas, como negativas.

Assim, a disponibilidade hídrica superficial total do estado do Maranhão foi estimada em 459,6 m³/s, predominantemente disponível em rios perenes de todo o território maranhense. Cerca de 60% da disponibilidade hídrica superficial é oriunda de rios de domínio Federal, afluentes dos rios Gurupi, Tocantins e Parnaíba. Nesse contexto, a maior disponibilidade se dá no rio Balsas, afluente do rio Parnaíba, que representa mais de 20% da disponibilidade hídrica superficial total.

Em relação às bacias estaduais, destacam-se a bacia do rio Mearim, com vazão estimada em 105,6 m³/s e cerca de 23% da disponibilidade superficial total no Estado, e a bacia do Itapecuru, com 38,9 m³/s, e 8,5% do total. As demais bacias estaduais possuem vazões variando entre 2,70 e 11,26 m³/s.

Tabela 1.37 - Disponibilidades Hídricas Totais por Bacia Hidrográfica no Estado do Maranhão

Bacia/Sistema Hidrográfico	$Q_{P90\%}$ (m³/s)	Vazão regularizada anual $Q_{reg\ 90\ \%}$ (m³/s)	Transferências Adutoras Q_{transf} (m³/s)	Disponibilidade Hídrica Superficial Total (m³/s)	
				(m³/s)	%
Bacias de Domínio Estadual					
Mearim	98,7	6,9	0	105,6	23,0
Munim	11,1	-	0	11,1	2,4
Itapecuru	43,3	-	-4,4	38,9	8,5
Maracaçumé	2,7	-	0	2,7	0,6
Periá	2,9	-	0	2,9	0,6
Turiaçu	11,3	-	0	11,3	2,5
Preguiças	5,2	-	0	5,2	1,1
Litoral Ocidental	3,1	-	0	3,1	0,7
Ilhas Litoraneas	0,0	-	+ 4,4	4,4	1,0
Totais Estadual	**178,2**	**6,9**	**0,00**	**185,1**	**40,3**
Bacias de Domínio Federal					
Parnaíba	185,3	0,12	0	185,4	40,3
Tocantins	77,1	-	0	77,1	16,8
Gurupi	12,0	-	0	12,0	2,6
Totais Federal	**274,4**	**0,12**	**0,00**	**274,5**	**59,7**
Total da Disponibilidade Hídrica Superficial				**459,6**	**100%**

2.

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

2. DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

2.1. Introdução

O Diagnóstico da Qualidade das Águas Superficiais no Estado do Maranhão será baseado em dados secundários obtidos em entidades públicas, preferencialmente das instituições que monitoram a qualidade das águas superficiais no Estado do Maranhão, tais como a SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais e a ANA – Agência Nacional de Águas.

O diagnóstico visa apresentar a **situação atual da qualidade das águas superficiais** do Estado do Maranhão, com vistas a subsidiar o **prognóstico sobre a qualidade das águas superficiais**, etapa subsequente ao diagnóstico. Abordará inicialmente um diagnóstico da situação da rede de monitoramento da qualidade da água existente: densidade da rede de monitoramento, parâmetros medidos, etc.

A avaliação levará em consideração a Resolução n° 357/CONAMA e as normas estaduais, contemplando a consistência, o tratamento e a interpretação dos dados, visando correlacionar os índices obtidos com os diversos usos da água e identificando o comprometimento da qualidade da água e a adequação para os usos atuais, bem como os aspectos sanitários e a manutenção da integridade dos ecossistemas.

O foco da análise será com base nos dados mais recentes que representam a *"situação atual"*, mormente os dados de monitoramento oriundos do Programa Qualiágua da Agência Nacional de Águas que visa implementar a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água – RNQA. Este programa será detalhado a seguir, bem como serão apresentados os dados relativos ao monitoramento das águas superficiais maranhenses.

2.2. O Programa QUALIÁGUA da Agência Nacional de Águas

Segundo o Portal da Qualidade das Águas da Agência Nacional de Águas (disponível em http: //portalpnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx, 2018) o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA é um programa lançado pela Agência Nacional de Águas que visa ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil, de forma a orientar a elaboração de políticas públicas para a recuperação da qualidade ambiental em corpos d'água interiores como rios e reservatórios, contribuindo assim com a gestão sustentável dos recursos hídricos.

A Agência Nacional de Águas opera uma rede básica de qualidade de água que conta com 1.340 pontos em todo o país, onde são feitas análises de quatro parâmetros básicos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade e temperatura) durante as campanhas de medição de vazão. Os resultados desses quatro parâmetros são obtidos automaticamente por meio de sondas multiparamétricas que são postas em contato com os corpos d'água, não necessitando de coleta, transporte e análise de amostras em laboratórios.

Todavia, somente esses quatro parâmetros não permitem que se avalie adequadamente a evolução da qualidade das águas brasileiras, sendo necessários outros parâmetros que requerem coletas de amostras e análises laboratoriais. Apesar do custo dessas análises nos laboratórios não ser elevado, os custos de logística (coleta, armazenamento e transporte de amostras) muitas vezes são, tendo em vista a grande distância entre os pontos de coleta e os laboratórios. Para reduzir esses custos é necessário que se agregue os Estados ao Programa, para que eles auxiliem no monitoramento e utilizem seus resultados.

Por sua vez, nem todos os Estados brasileiros têm condições de monitorar a qualidade de suas águas, seja pelos elevados custos da logística envolvida, seja pela ausência de pessoal capacitado para a tarefa, o que resulta em verdadeiros vazios no monitoramento.

Em algumas situações, também devido à escassez de recursos financeiros, as campanhas de monitoramento são interrompidas, retornando somente após longo período, deixando uma lacuna no monitoramento que não se consegue reverter.

O Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água - QUALIÁGUA é uma iniciativa da ANA com os seguintes objetivos:

1. contribuir para a gestão sistemática dos recursos hídricos, através da divulgação de dados sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil a toda a sociedade;

2. estimular a padronização dos critérios e métodos de monitoramento de qualidade de água no País, de acordo com as diretrizes estabelecidas na Resolução ANA nº 903/2013 para tornar essas informações comparáveis em nível nacional;

3. contribuir para o fortalecimento e estruturação dos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos e meio ambiente para que realizem o monitoramento sistemático da qualidade das águas e deem publicidade aos dados gerados;

4. promover a implementação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas - RNQA, no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas - PNQA.

Ainda segundo o Portal da Qualidade das Águas, o QUALIÁGUA estabelece metas mínimas a serem cumpridas por três grupos de unidades da Federação, sendo que as mais estruturadas terão metas mais exigentes. O primeiro grupo é formado pelas unidades que já operam redes de qualidade de água e que podem expandi-las imediatamente: CE, DF, MG e SP. O segundo grupo tem 11 estados (BA, ES, GO, MT, MS, PB, PR, PE, RJ, RN e RS) e engloba aqueles que já operam redes, mas que precisam aumentar a capacidade de operação dos pontos da RNQA, especialmente no que se refere à capacitação dos seus técnicos e laboratórios. O terceiro grupo é formado por 12 estados em que o monitoramento é inexistente ou não está consolidado: AC, AL, AP, AM, MA, PA, PI, RO, RR, SC, SE e TO. Observa-se aqui que o Estado do Maranhão está incluindo neste terceiro grupo.

Na prática, a ANA premiará os Estados por atingimentos de metas relacionadas ao monitoramento e à divulgação dos dados de acordo com as premissas previstas na Resolução ANA nº 903/2013. São estabelecidas também metas estruturantes que definem objetivos a serem alcançados em termos de padronização, capacitação e melhoria das práticas de laboratório, visando melhorar a qualidade do dado e da informação gerados. A certificação das metas será realizada duas vezes por ano para as metas de monitoramento e uma vez ao ano para as metas estruturantes.

O prêmio é calculado considerando um valor unitário por ponto da RNQA de R$ 1.100,00 (hum mil e cem reais) com reajuste anual pelo INPC. O não atingimento das metas estruturantes podem levar a descontos no prêmio pago pelas metas de monitoramento do semestre em questão.

A adesão ao Programa é voluntária. Para participar a UF deve enviar Ofício à ANA solicitando adesão ao QUALIÁGUA e indicando a Instituição Executora - IE que realizará o monitoramento. Essa IE deve fazer parte da Administração Pública Estadual e deter competências legais relacionadas à gestão de recursos hídricos e/ou meio ambiente. No caso do Estado do Maranhão, a IE é a própria SEMA.

Dessa forma, para ampliar o conhecimento da qualidade das águas no Brasil é fundamental eliminar as lacunas geográficas e temporais no seu monitoramento. Com este objetivo o QUALIÁGUA está implantando a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade de Água (RNQA) com a criação das REMQAS – Redes Estaduais de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais nos estados brasileiros.

O programa REMQAS tem como objetivo atender demandas federativas da ANA e o Pacto Nacional pela Gestão das Águas (PROGESTÃO).

2.3. A REMQAS no Estado do Maranhão

A Rede Estadual de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no Estado do Maranhão foi definida pela Portaria nº 022/SEMA de 31 de março de 2016, com os seguintes objetivos (Art. 3º):

I. Avaliar a qualidade das águas superficiais;

II. Subsidiar o enquadramento das águas superficiais do estado do Maranhão;

III. Propiciar a definição de áreas prioritárias para o controle da poluição das águas;

IV. Facilitar a definição de ações preventivas e de controle da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA;

V. Subsidiar o diagnóstico da qualidade das águas superficiais utilizadas para o abastecimento público e outros usos;

VI. Dar subsídio técnico para a elaboração de Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos; e

VII. Servir como suporte para a tomada de decisões no âmbito da gestão ambiental.

No Art 6º da Portaria 022/2016/SEMA é definida a extensão da REMQAS no Maranhão:

Art. 6º: A Rede Estadual de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais -REMQAS é composta de 254 (duzentos e cinquenta e quatro) pontos distribuídos no território maranhense, conforme definição e localização dispostos no Anexo I (da Portaria 022/2016).

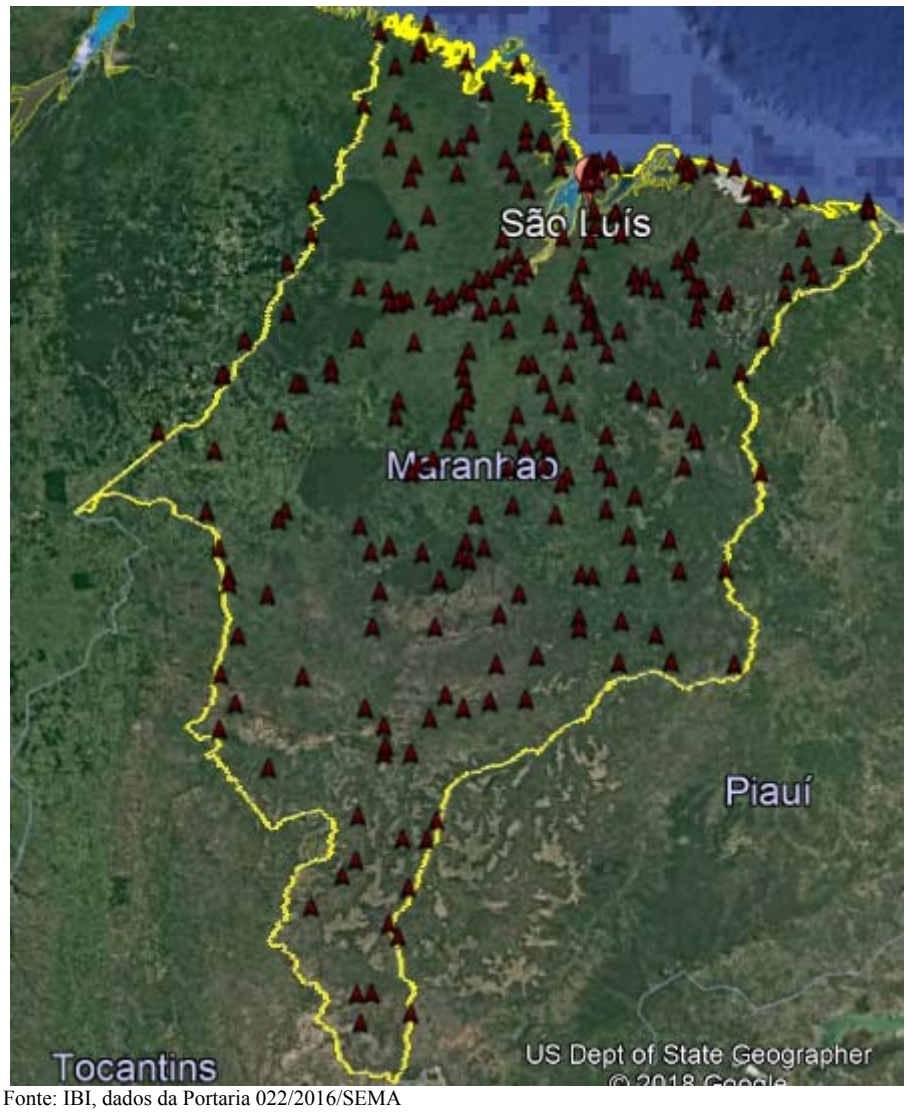
Art. 7º: O monitoramento dos pontos do Anexo I deverá ser trimestral;

Parágrafo Único – A Rede Estadual de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais – REMQAS deverá ser monitorada em no mínimo 20% (vinte por cento) do total de pontos em sistema de rodízio.

Art. 8º: Poderão fazer parte da Rede Estadual de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais – REMQAS outras instituições que atuam no Estado do Maranhão, que realizam análises da qualidade da água, como órgãos de apoio à saúde, instituições que desenvolvem atividades de ensino e pesquisas, companhias de saneamento, tanto da iniciativa pública quanto da privada, através de Acordos de Cooperação Técnica com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais -SEMA, ou instrumento com fins semelhantes.

Conforme o Art. 7º da Portaria 022/2016 o monitoramento deverá ser trimestral em no mínimo 20% dos 254 pontos da rede, equivalendo a pelo menos 51 pontos amostrados por campanha de qualidade de água.

Os 254 pontos do Anexo I foram categorizados como pontos de análise de impacto, impacto/estratégico e de referência. A **Figura 2.1** mostra uma imagem Google Earth com a localização dos pontos da REMQAS no estado do Maranhão.



Fonte: IBI, dados da Portaria 022/2016/SEMA

Figura 2.1 - Rede de Monitoramento de Qualidade de Água Superficial no Maranhão

A primeira campanha de amostragem da REMQAS foi realizada entre 13 de março e 15 de maio de 2017, tendo sido amostrados 131 (cento e trinta e um) pontos, sendo 55 pontos obrigatórios para atender aos 20% dos pontos totais de execução do programa e 76 pontos adicionais realizados conforme a Portaria 02/2016/SEMA. A logística foi feita pela criação de nove rotas que contemplassem esses 131 pontos.

A segunda campanha realizou-se em junho/julho de 2017. A terceira em setembro de 2017, a quarta em dezembro de 2017 e, a quinta entre março e abril de 2018. Nestas três últimas campanhas foram amostrados apenas 55 (cinquenta e cinco pontos). Cada campanha será analisada nos tópicos seguintes.

Durante as campanhas da REMQAS foram medidos os seguintes parâmetros:

- Turbidez;
- Temperatura do ar;
- Temperatura da água;
- pH;
- Oxigênio dissolvido (OD);
- Condutividade;
- Sólidos totais dissolvidos (STD);
- Salinidade.

O parâmetro STD foi medido em apenas 3 (três) locais na primeira campanha. Nas demais quatro campanhas o parâmetro STD não foi medido. O parâmetro Salinidade não foi medido em nenhum local na primeira campanha.

Segundo o Relatório do Primeiro Trimestre do Qualiágua (ANA/SEMA, 2017), a sonda utilizada foi a YSI EXO1 que possibilita uma comunicação sem fio para reduzir o número de cabos, diagnósticos internos para evitar erros de instalação e configuração, assim como recursos de gestão de energia e componentes para a redução de incrustações biológicas aprimoradas para melhor durabilidade. A sonda EXO 1 é um instrumento multiparamétrico da YSI que coleta dados com até quatro sensores substituíveis e com transdutor de pressão integrado para a medição da profundidade. Possuindo portas inteligentes, onde cada porta aceita qualquer sensor EXO de qualidade de água e automaticamente o reconhece.

A sonda YSI EXO1 tem como opções de sensores extras os medidores de:

- Condutividade e Temperatura
- Oxigênio Dissolvido (ótico)
- Matéria Orgânica Dissolvida (medição por Fluorescência)
- pH ou pH/ORP
- Profundidade (integral)
- Algas Totais (canal duplo para clorofila e algas azuis / verdes)

– Turbidez

A EXO 1 também possui uma interface resistente a mudanças climáticas, é portátil e extremamente durável. Utilizando o software KOR, com auxílio dos recursos adicionais como GPS, Barômetro com compensações de temperatura, teclado alfanumérico retro iluminado, conector sem fio wet-mate, bluetooth, tela LED, 2 GB de armazenamento.

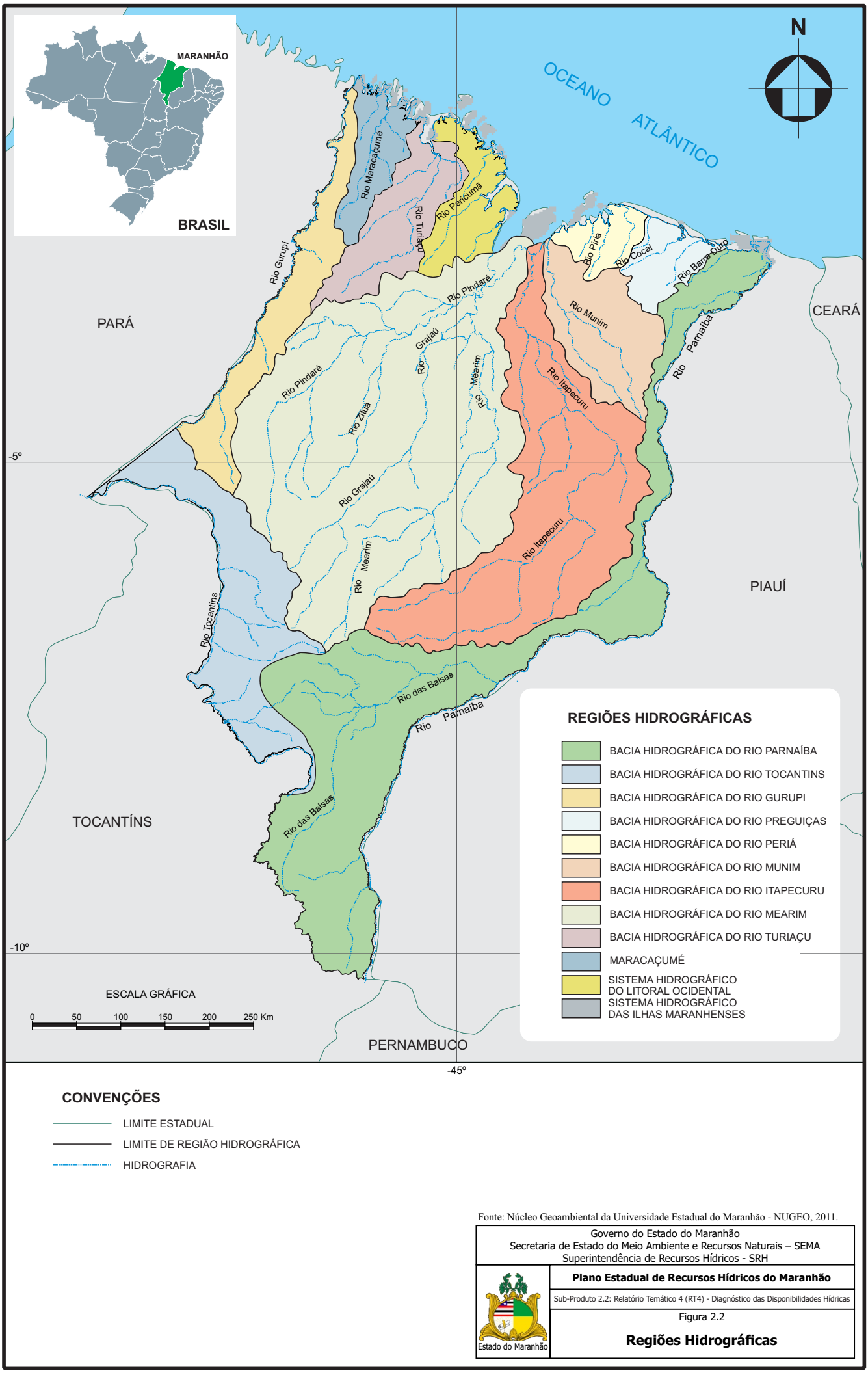
2.4. Bases Teóricas para Análise da Qualidade da Água

Antes de se iniciar as análises da qualidade das águas superficiais no estado do Maranhão, torna-se conveniente abordar alguns aspectos teóricos que impactam decisivamente na análise aqui efetuada.

2.4.1. Legislação Incidente

A **Política Estadual de Recursos Hídricos – Lei n° 8.149/2004** regulamentada em parte pelos decretos estaduais n° 27.845/11 e 28.008/2012 para a gestão de águas superficiais e subterrâneas respectivamente, tem como objetivo a gestão integrada das águas por meio do arbitramento administrativo dos conflitos relacionados aos recursos hídricos, planejamento, regulação e controle do uso, a preservação e recuperação do recurso (ANA/SEMA, 2017)

O Decreto Estadual n° 27.845/2011, no seu art.5º, define, para efeito do estabelecimento da **Política Estadual de Recursos Hídricos**, que o estado do Maranhão está dividido em 12 regiões hidrográficas. Destas, sete são bacias hidrográficas estaduais (Itapecuru, Maracaçumé, Mearim, Munim, Periá, Preguiças e Turiaçu); duas constituem sistemas hidrográficos (Litoral Ocidental e das Ilhas Maranhenses) e três são parte de bacias de rios federais (Parnaíba, Tocantins, e Gurupi) (**Figura 2.2**). A caracterização das doze regiões hidrográficas é descrita na **Tabela 2.1**. O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão (PERH-MA) utiliza esta subdivisão.



Fonte: Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão - NUGEO, 2011.

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 2.2

Regiões Hidrográficas

Tabela 2.1 – Regiões Hidrográficas do Estado do Maranhão

Regiões Hidrográficas	Bacias Hidrográficas	Área (km²)	% da Área do Estado	População Total	Total de Municípios	Municípios Mais Populosos
Domínio Federal						
Parnaíba	Bacia hidrográfica do Parnaíba	66.449,09	20,02	717.723	39	Balsas, Brejo, Coelho, Neto, Pastos Bons, Timon, Tutóia.
Araguaia-Tocantins	Bacia hidrográfica do Tocantins	30.665,15	9,24	498.105	23	Impreratriz, Carolina, Estreito, João Lisboa, Porto Franco.
Atlântico Nordeste Ocidental	Bacia hidrográfica do Gurupi	15.953,91	4,81	178.302	13	Açailândia, Carutapera, Itinga do Maranhão.
Domínio Estadual						
Atlântico Nordeste Ocidental	Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	10.226,22	3,08	343.130	23	Cururupu, Pinheiro, São Bento.
	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	3.604,62	1,09	1.349.541	22	São Luis.
	Bacia hidrográfica do Mearim	99.058,68	29,84	1.681.307	83	Bacabal, Barra do Corda, Grajaú, Lago da Pedra, Presidente Dutra, Viana, Zé Doca.
	Bacia hidrográfica do Itapecuru	53.216,84	16,03	1.019.398	57	Caxias, Codó, Colinas, Coroatá, Dom Pedro, Itapecuru-Mirim, Timbiras.
	Bacia hidrográfica do Munim	15.918,04	4,79	320.001	27	Chapadinha, Mata Roma, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Vargem Grande.
	Bacia hidrográfica do Turiaçu	14.149,87	4,26	179.212	16	Nova Olinda do Maranhão, Santa Helena, Santa Luzia do Paruá, Turiaçu, Turilândia.
	Bacia hidrográfica do Maracaçumé	7.756,79	2,34	122.535	16	Cândido Mendes, Godofredo Viana, Governador Nunes Freire, Maracaçumé, Maranhãozinho.
	Bacia hidrográfica do Preguiças	6.707,91	2,02	96.379	10	Barreiras, Paulino Neves.
	Bacia hidrográfica do Periá	5.395,37	1,62	64.049	6	Humberto de Campos, Primeira Cruz, Santo Amaro.

A nível federal a legislação incidente é a **Lei 9433,** de 08 de janeiro de 1997, que Institui a **Política Nacional de Recursos Hídricos**, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamentou o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e alterou o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

O termo qualidade de água refere-se aos padrões químicos, físicos e biológicos do corpo hídrico. Os recursos hídricos no Brasil têm sua finalidade definida na Lei 9433/97 como sendo de usos múltiplos cabendo a classificação em usos preponderantes. A base legal para tal enquadramento é a Resolução do CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente, nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.

O capítulo II da Resolução CONAMA 357/2005 define a Classificação dos Corpos d'Água em três categorias e treze classes de qualidade:

- Seção I – Das Águas doces;
- Seção II – Das Águas Salinas;
- Seção III – Das Águas Salobras.

As águas doces são definidas como aquelas com salinidade inferior a 0,5‰ (0,5 por mil); as águas salinas são aquelas com salinidade superior a 30 ‰ (30 por mil), enquanto que águas salobras são aquelas de salinidade entre 0,5 ‰ e 30 ‰.

As **Águas Doces** são subdivididas em 5 classes:

I- Classe Especial: águas destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;

b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas*;* e,

c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e

e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV- classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras*;*

c) à pesca amadora;

d) à recreação de contato secundário; e

e) à dessedentação de animais.

V- classe 4: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística.

As **Águas Salinas** são subdivididas em 4 classes:

I - classe especial: águas destinadas:

a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

b) à proteção das comunidades aquáticas; e

c) à aquicultura e à atividade de pesca.

III- classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora; e

b) à recreação de contato secundário.

IV- classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística.

As **Águas Salobras** são subdivididas em 4 classes:

I - classe especial: águas destinadas:

a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e,

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à aquicultura e à atividade de pesca;

d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e

e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III- classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora; e

b) à recreação de contato secundário.

IV- classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística

No capítulo III da Resolução CONAMA 357/2005 são definidas as Condições e Padrões de Qualidade das Águas. Na Seção II do capítulo III, são apresentadas as condições para as **águas doces classe II**, da maior importância para a gestão dos recursos hídricos. O Art. 15, estabelece que:

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com freqüência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O_2;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O_2;

VII - clorofila *a*: até 30 μg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm^3/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

2.4.2. Indicadores de Qualidade de Água

Segundo o Portal da Qualidade das Águas (ANA, 2018), o uso de indicadores da qualidade da água surge da necessidade de sintetizar a informação sobre vários parâmetros físico-químicos, visando informar a população e orientar as ações de planejamento e gestão da qualidade da água.

Os indicadores de qualidade facilitam a comunicação com o público leigo, já que permitem sintetizar várias informações em um número único. Por outro lado, neste processo de síntese ocorre a perda de informação sobre o comportamento dos parâmetros analisados. Portanto qualquer análise mais detalhada deve considerar os parâmetros individuais que determinam a qualidade das águas.

Existem diversos indicadores que se traduzem em índices de qualidade, a saber:

- Índice de Qualidade das Águas – IQA
- Índice de Qualidade da Água Bruta para Fins de Abastecimento Público -IAP
- Índice de Estado Trófico – IET
- Índice de Contaminação por Tóxicos
- Índice de Balneabilidade -IB
- Índice de Proteção da Vida Aquática -IVA
- Índice de Qualidade de Água em Reservatórios -IQAR

O Portal da Qualidade das Águas (ANA, 2018) apresenta o significado de cada um destes índices, transcrito a seguir.

2.4.2.1. Índice de Qualidade da Água – IQA

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país, sendo recomendado pela Agência Nacional de Águas-ANA.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

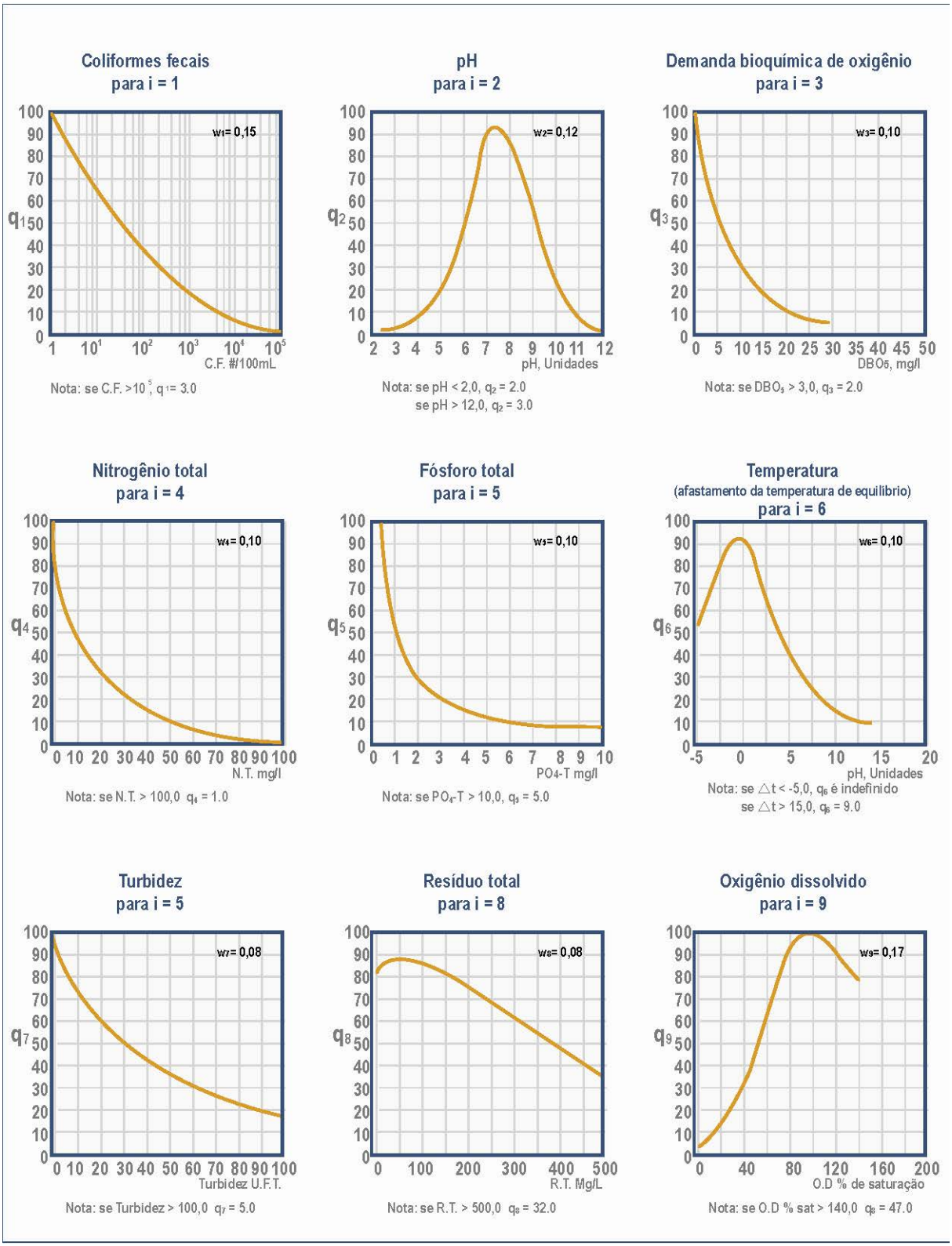
A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

O IQA é composto por nove parâmetros, com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (**Tabela 2.2**).

Tabela 2.2 - Parâmetros de Qualidade de Água para Formação do IQA e Respectivo Peso

Parâmetro de Qualidade da Água	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – $DBO_{5,20}$	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida **(Figura 2.3**).



Fonte: ANA, 2018.

Figura 2.3 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^{n} q_i^{w_i}$$

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

qi = qualidade do i-ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

wi = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

sendo *n* o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros. A **Tabela 2.3** apresenta esta variação:

Tabela 2.3 - Classificação Adotada para o IQA nos Estados

Faixas de IQA nos Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA nos Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
91 ≤ IQA ≤ 100	80 ≤ IQA ≤ 100	**Ótima**
71 ≤ IQA ≤ 90	52 ≤ IQA ≤ 79	**Boa**
51 ≤ IQA ≤ 70	37 ≤ IQA ≤ 51	**Razoável**
26 ≤ IQA ≤ 50	20 ≤ IQA ≤ 36	**Ruim**
IQA ≤ 25	IQA ≤ 19	**Péssima**

Fonte: ANA, 2018

2.4.2.2. Índice de Qualidade da Água Bruta para Fins de Abastecimento Público -IAP

O índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP) foi criado por um Grupo Técnico composto por integrantes da CETESB, SABESP, institutos de pesquisa e universidades.

O índice é composto por três grupos de parâmetros:

- Índice de Qualidade das Águas (IQA): temperatura d'água, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez;
- Parâmetros que avaliam a presença de substâncias tóxicas (teste de mutagenicidade, potencial de formação de trihalometanos, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel); e
- Parâmetros que afetam a qualidade organoléptica da água (fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco).

Os parâmetros que avaliam a presença de substâncias tóxicas e que afetam a qualidade organoléptica são compostos de maneira a fornecer o Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas (ISTO).

Para cada parâmetro incluído no ISTO são estabelecidas curvas de qualidade que atribuem ponderações variando de 0 a 1. As curvas de qualidade, representadas através das variáveis potencial de formação de trihalometanos e metais, foram construídas utilizando-se dois níveis de qualidade (qi), que associam os valores numéricos 1.0 e 0.5, respectivamente, ao limite inferior (LI) e ao limite superior (LS).

As faixas de variação de qualidade (qi), que são atribuídas aos valores medidos para o potencial de formação de trihalometanos, para os metais que compõem o ISTO, refletem as seguintes condições de qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público:

- **Valor medido < LI:** águas adequadas para o consumo humano. Atendem aos padrões de potabilidade da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde em relação às variáveis avaliadas.
- **LI < Valor medido < LS:** águas adequadas para tratamento convencional. Atendem aos padrões de qualidade da classe 3 da Resolução CONAMA 357/05 em relação às variáveis determinadas.
- **Valor medido > LS:** águas que não devem ser submetidas apenas a tratamento convencional. Não atendem aos padrões de qualidade da classe 3 da Resolução CONAMA 357/05 em relação às variáveis avaliadas.

O IAP é calculado com a seguinte expressão:

$$IAP = IQA \cdot ISTO$$

Os valores do IAP são classificados nas seguintes faixas (**Tabela 2.4**).

Tabela 2.4 - Classificação do IAP

Valor do IAP	Qualificação
80 - 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 - 51	Regular
20 - 36	Ruim
= 19	Péssima

(Fonte: ANA, 2018)

2.4.2.3. Índice do Estado Trófico - IET

A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades (ESTEVES, 1988, apud ANA, 2018).

Tal processo acontece principalmente em lagos e represas, e pode ocorrer raramente em rios, uma vez que as condições ambientais destes são mais desfavoráveis para o crescimento de algas.

São vários os efeitos indesejáveis da eutrofização, entre eles: maus odores e mortandade de peixes, mudanças na biodiversidade aquática, redução na navegação e capacidade de transporte, modificações na qualidade e quantidade de peixes de valor comercial, contaminação da água destinada ao abastecimento público. A produção de energia hidroelétrica pode ser afetada pela presença excessiva de macrófitas aquáticas. Em alguns casos, as toxinas podem estar presentes na água após o tratamento da água, o que pode agravar seus efeitos crônicos.

O Índice do Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

Nesse índice, os resultados do índice calculados a partir dos valores de fósforo, devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. Em rios, o cálculo do IET, a partir dos valores de fósforo total, é feito pela fórmula, segundo LAMPARELLI (2004):

IET = 10.(6-((0,42-0,36.(ln.PT)/ln2)), onde o fósforo total (PT) é expresso em µg/L.

Em reservatórios, o cálculo do IET a partir dos valores de fósforo é feito pela fórmula:

IET = 10. (6-(1,77-0,42.(ln.PT)/ln 2)) onde o fósforo total (PT) é expresso em µg/L.

Os valores do IET são classificados segundo as classes de estado tróficos, apresentadas na **Tabela 2.5** juntamente com suas características.

Tabela 2.5 - Classe de estado trófico e suas características principais.

Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam prejuízos aos usos da água.
47<IET= 52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 <IET= 59	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59<IET=63	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63<IET=67	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos
IET > 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fontes: CETESB (2007); LAMPARELLI (2004)

2.4.2.4. Índice de Contaminação por Tóxicos

Em Minas Gerais o IGAM adota uma classificação dos corpos d'água em função das concentrações observadas dos seguintes parâmetros: Amônia, Arsênio total, Bário total, Cádmio total, Chumbo total, Cianeto livres, Cobre total, Cobre dissolvido, Cromo hexavalente, Cromo total, Fenóis totais, Mercúrio total, Nitritos, Nitratos e Zinco total.

As concentrações destes parâmetros são comparadas aos limites estabelecidos para as classes de enquadramento dos corpos de água determinadas pela Resolução CONAMA nº 357/05 ou pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de maio de 2008.

A contaminação por tóxicos é classificada em Baixa, Média ou Alta. Na classe baixa as substâncias tóxicas apresentam concentrações iguais ou inferiores a 20% dos limites de classe de enquadramento do trecho do corpo de água onde se localiza o ponto de amostragem. Na classe média ocorrem concentrações entre 20% e 100% dos limites mencionados, e na classe alta às concentrações são superiores a 100% dos limites.

A pior situação do conjunto de resultados define a faixa de contaminação. Assim, se um dos parâmetros apresentou valor acima de 100% (o dobro da concentração limite), em pelo menos uma das campanhas do ano, a contaminação no ponto de amostragem será classificada como

alta. Os valores do Índice de Contaminação por Tóxicos são classificados nas seguintes faixas (**Tabela 2.6**).

Tabela 2.6 - Classificação do Índice de Contaminação por Tóxicos

Concentração em relação à classe de enquadramento	Classe de contaminação
= 1,2.P	Baixa
1,2.P < concentração = 2.P	Média
Concentração > 2.P	Alta

Observações: P = Limite de classe definido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (dados a partir de 2005) ou pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2000. Fonte: IGAM.

2.4.2.5. Índice de Balneabilidade – IB

A análise de balneabilidade avalia a qualidade dos corpos d'água para a recreação de contato primário, sendo utilizada tanto em praias litorâneas quanto em águas interiores.

A legislação que estabelece os critérios e limites para análise de balneabilidade é a Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000.

A partir dos resultados obtidos nos monitoramentos (semanal e mensal), a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) desenvolveu um índice de Balneabilidade, que representa uma síntese da qualidade das águas monitoradas ao longo do ano.

Nos locais em que é realizado monitoramento semanal o Índice de Balneabilidade é calculado a partir das classificações obtidas ao longo das 52 semanas do ano. Nos locais em que é realizado monitoramento mensal o índice é calculado a partir das densidades de *E. coli*.

As praias são classificadas em 4 categorias segundo o Índice de Balneabilidade (**Tabela 2.7**).

Tabela 2.7 - Classificação do Índice de Balneabilidade

Condição das praias	Qualificação
Praias classificadas como excelentes em 100% do ano	Ótima
Praias próprias em 100% do ano, exceto as classificadas como excelentes em 100% do ano.	Boa
Praias classificadas como impróprias em porcentagem inferior a 50% do ano.	Regular
Praias classificadas como impróprias em porcentagem de tempo igual ou superior a 50% do ano.	Má

Fonte: CETESB,2007

2.4.2.6. Índice de Proteção da Vida Aquática – IVA

O índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática (IVA) é utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) e tem como objetivo a avaliação da qualidade das águas visando a proteção da fauna e flora aquáticas.

O IVA é composto por dois sub-índices:

- **IPMCA** - Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática: Considera a concentração de substâncias que causam efeito tóxico sobre os organismos aquáticos, além do pH e do oxigênio dissolvido. Os limites dos parâmetros são aqueles determinados pela Resolução CONAMA nº 357 para as classes de enquadramento que se destinam à preservação da vida aquática.
- **IET** - Índice do Estado Trófico de Carlson, modificado por Toledo.

O IVA é calculado pela seguinte fórmula:

$$IVA = 1{,}2 \cdot IPMCA + IET$$

Quando não houver o valor do IET, o mesmo é considerado igual a 1.

Os valores do IVA são classificados nas seguintes faixas (**Tabela 2.8**).

Tabela 2.8 - Classificação do IVA

Valor do IVA	Qualificação
≤ 2,5	Ótima
2,6 ≤ IVA ≤ 3,3	Boa
3,4 ≤ IVA ≤ 4,5	Regular
4,6 ≤ IVA ≤ 6,7	Ruim
IVA > 6,8	Péssima

(Fonte: CETESB, 2007.

2.4.2.7. Índice de Qualidade de Água em Reservatórios – IQAR

O Índice de Qualidade de Água em Reservatórios (IQAR) foi criado pelo Instituto Ambiental do Paraná - IAP para verificar a degradação da qualidade da água dos reservatórios.

Foi desenvolvida uma matriz que apresenta seis classes de qualidade da água, as quais foram estabelecidas a partir do cálculo dos percentis 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de cada uma das variáveis selecionadas (**Tabela 2.9)**:

Tabela 2.9 - Classes de Qualidade das Variáveis

Variáveis	Classes de qualidade (q)					
	1	2	3	4	5	6
Déficit de Oxigênio dissolvido (%)	≤5	jun/20	21-35	36-50	51-70	>70
Clorofila a (µg/L)	≤1,5	1,5-3,0	3,1-5,0	5,1-10,0	11,0-32,0	>32
Fósforo total (PO2-mg/L)	≤0,010	0,011-0,025	0,026-0,040	0,041-0,085	0,086-0,210	>0,210
Profundidade – Disco de Secchi (m)	≥3	3-2,3	2,2-1,2	1,1-0,6	0,5-0,3	<0,3
Demanda química de oxigênio – DQO (mg/L)	≤3	03/mai	06/ago	set/14	15-30	>30
Tempo de residência (dias)	≤10	nov/40	41-120	121-365	366-550	>550
Nitrogênio inorgânico total (N-mg/L)	≤0,15	0,16-0,25	0,26-0,60	0,61-2,00	2,00-5,00	>5,00
Cianobactérias (nº de células /mL)	≤1.000	1.001-5.000	5.001-20.000	20.001-50.000	50.001-100.000	>100.000
Profundidade média (metros)	≥35	34-15	14/jul	6-3,1	3-1,1	<1

Para o cálculo do IQAR as variáveis selecionadas recebem pesos em função do seu nível de importância para a avaliação da qualidade da água do reservatório segundo a **Tabela 2.10**:

Tabela 2.10 - Pesos dos Parâmetros de Qualidade de Água

Parâmetro de Qualidade da Água	Peso (w)
Déficit de Oxigênio dissolvido (%) [1]	17
Clorofila a (µg/L)	15
Fósforo total (PO2-mg/L) [2]	12
Profundidade Secchi (m)	12
Demanda química de oxigênio – DQO (mg/L) [2]	12
Tempo de residência (dias)	10
Nitrogênio inorgânico total (N-mg/L) [2]	8
Cianobactérias (nº de células /mL) [3]	8
Profundidade média (metros)	6

Obs.: (1) média da coluna d'água; (2) média das profundidades I e II; e (3) concentração da profundidade I

O IQAR é calculado pela seguinte fórmula:

$$IQAR = \frac{\sum(w_i \cdot q_i)}{\sum w_i}$$

sendo,

w_i = peso da variável i;

q_i = classe de qualidade em relação a variável i (pode variar de 1 a 6).

Os valores do IQAR são classificados em 6 faixas (**Tabela 2.11**):

Tabela 2.11 - Classificação do IQAR

Valor do IQAR	Qualificação
0 – 1,50	Não impactado a muito pouco degradado
1,51 – 2,50	Pouco degradado
2,51 – 3,50	Moderadamente degradado
3,51 – 4,50	Criticamente degradado a poluído
4,51 – 5,50	Muito poluído
> 5,51	Extremamente poluído

(Fonte: Instituto Ambiental do Paraná, apud ANA, 2018)

2.4.3. Seleção de Indicador de Qualidade da Água para o Diagnóstico do PERH-MA

A seleção de indicadores de qualidade da água para proceder as análises de diagnóstico da situação da qualidade das águas do estado do Maranhão encontra um obstáculo quase intransponível no seguinte aspecto: **faltam medições suficientes de parâmetros de qualidade da água nos rios e reservatórios do estado.**

Tal como foi citado anteriormente nos itens 2.1 e 2.2, apenas 7 parâmetros de fato foram amostrados nas campanhas de campo de medição da qualidade da água durante as 4 campanhas da REMQAS, embora haja citação de 8 parâmetros nas tabelas de resultados das campanhas:

- Turbidez (entra no cálculo do IQA);
- Temperatura do ar (não entra);
- Temperatura da água (entra no cálculo do IQA);
- pH (entra no cálculo do IQA);
- Oxigênio dissolvido (OD), (entra no cálculo do IQA);
- Condutividade (não entra no IQA);
- Sólidos totais dissolvidos (STD), (entra no cálculo do IQA, mas não foi medido na maioria dos pontos e das campanhas);
- Salinidade (não entra no IQA).

De fato, apenas 4 parâmetros que entram no cálculo do Índice de Qualidade de Água -IQA foram efetivamente amostrados nas campanhas de campo (Oxigênio Dissolvido, pH, Turbidez, Temperatura da Água). Nenhuma outra análise foi realizada, isto é, não houve coleta de amostras para se proceder as análises laboratoriais e a determinação dos parâmetros de elevada importância nas análises da qualidade da água, tais como coliformes

termotolerantes, DBO_5, fósforo total, nitrogênio total, e resíduo total (STD) que na verdade não foi medido nos pontos amostrados.

Assim, nenhum índice de qualidade de água dentre os 7 descritos nos subitens 2.3.2.1 a 2.3.2.7 poderão ser estabelecidos na íntegra em virtude da ausência de dados dos parâmetros amostrais.

Entretanto a análise da qualidade das águas nos pontos amostrados nas 4 campanhas da REMQAS ficaria altamente comprometida se não houvesse um índice qualitativo de referência para comparação e identificação da situação da qualidade da água nestes corpos hídricos.

Fiorucci e Benedetti Fº (2005) demonstraram a importância do parâmetro Oxigênio Dissolvido nos ecossistemas aquáticos. Pereira *et al* (2013) demonstraram que o parâmetro mais sensível na determinação do IQA é o Oxigênio Dissolvido, representando 44,67% da variação total do IQA, seguido do parâmetro Coliformes Termotolerantes (40,75%) e do Potencial Hidrogeiônico -pH (36,92%).O parâmetro Turbidez corresponde a 21,84% da variação, superando o STD com 8,15%.

Em outras palavras, os parâmetros medidos nas campanhas do REMQAS relativos ao Oxigênio Dissolvido, pH e Turbidez capturam a maior variação do IQA, deduzindo-se então que poder-se-ia adotar um "IQA reduzido" com base apenas nos 4 parâmetros amostrados nas campanhas de campo para qualificar as águas amostradas, pois a interrelação entre o Oxigênio Dissolvido, pH e Turbidez com os demais parâmetros do IQA tradicional permitiriam fazer esta extrapolação qualitativa.

Desta forma, propôs-se aqui o emprego de um Índice de Qualidade da Água reduzido, denominado IQA_4, a ser determinado com base apenas nos 4 parâmetros amostrados em campo nas campanhas da REMQAS, matematicamente proporcional ao "verdadeiro" IQA ou IQA completo.

O principal conceito na determinação do IQA_4 é exatamente manter a importância relativa de cada parâmetro que entra na composição do IQA_4 com a mesma proporção do peso relativo com o qual cada parâmetro tem na determinação do IQA verdadeiro ou completo.

Assim, se a soma dos pesos dos nove parâmetros no IQA completo é 1, então a soma dos pesos no IQA_4 também será 1, porém, cada parâmetro terá um incremento no valor do seu peso que mantenha a mesma proporção relativa de importância em relação aos demais parâmetros na composição do IQA_4.

A metodologia de determinação do IQA_4 foi a seguinte:

a) Em conformidade com a **Tabela 2.2**, verificou-se que os pesos originais para composição do IQA completo dos parâmetros amostrados em campo nas campanhas do REMQAS eram:

- Oxigênio Dissolvido: w_{od} =0,17
- Turbidez: w_t = 0,08
- pH: w_{pH} = 0,12
- Temperatura da água: w_{ta} = 0,10

Soma:

$$\sum_{i=1}^{4} w_i = 0{,}17 + 0{,}08 + 0{,}12 + 0{,}10 = 0{,}47$$

b) O complemento para $\sum w_i$ = 1, é a diferença 1-0,47 = 0,53. O valor 0,53 foi proporcionalmente redistribuído entre os 4 parâmetros, mantendo-se a proporção de importância relativa, pela equação:

$$novo\ w_i = w_{i-original} + \frac{w_{i-original}}{\sum_{i=1}^{4} w_{i-original}} \cdot 0{,}53$$

Por exemplo, para o Oxigênio Dissolvido, o novo peso na composição do IQA_4 foi assim calculado:

$$novo\ w_i = 0{,}17 + \frac{0{,}17}{0{,}47} \cdot 0{,}53 = 0{,}3617$$

A **Tabela 2.12** apresenta os novos pesos para cada parâmetro de composição do IQA_4.

Tabela 2.12 - Pesos dos Parâmetros na Composição do IQA4

Parâmetro	Peso (w_i)
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,3617
Turbidez	0,1702
Temperatura	0,2127
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,2554
Soma:	**1,0**

Para permitir a automatização dos cálculos do IQA_4 em planilha Excel, foram adotadas equações de regressão (GRUNITZKI *et al*, 2013) para substituição da pesquisa gráfica relativa aos valores dos parâmetros que deveriam ser pesquisados nas curvas da **Figura 2.3**.

• **Oxigênio Dissolvido**:

O parâmetro de Oxigênio Dissolvido no IQA é calculado em função da porcentagem do OD medido em relação ao teor de oxigênio dissolvido na saturação em função da temperatura da água, dada pela equação (GRUNITZKI *et al*, 2013):

$$q_{OD} = 100{,}8 \cdot e^{\left[\frac{(\%OD - 100)^2}{-5745}\right]}$$

Onde: q_{OD} = parâmetro de Oxigênio Dissolvido no IQA_4

%OD = percentagem do Oxigênio Dissolvido medido em relação à saturação de OD na temperatura da água.

A %OD pode ser calculada em função da temperatura da água, dada em Kelvin (K), pela equação (APHA, 1985):

$$lnC_{sf} = -139{,}34411 + \frac{1{,}575701 \cdot 10^5}{T} - \frac{6{,}642308 \cdot 10^7}{T^2} + \frac{1{,}243800 \cdot 10^{10}}{T^3} - \frac{8{,}621949 \cdot 10^{11}}{T^4}$$

onde: C_{sf} = Concentração de saturação de OD para água doce em mg/L para 1 atm;

T = temperatura da água em ºK;

$$T(°K) = T(°C) + 273{,}15$$

• **Turbidez**:

O parâmetro de Turbidez pode ser calculado pela equação (GRUNITZKI *et al*, 2013):

$$q_{TU} = 97{,}34 \cdot e^{(-0{,}01139 \cdot TU - 0{,}04917 \cdot \sqrt{TU})}$$

Onde: q_{TU} = parâmetro de Turbidez no IQA_4

TU = Turbidez medida (NTU)

• **Temperatura da água**:

O parâmetro de Temperatura da Água (ΔT) pela expressão (GRUNITZKI *et al*, 2013):

$$q_{\Delta T} = \frac{1}{[0{,}0003869 \cdot (\Delta T + 0{,}1815)^2 + 0{,}01081]}$$

Onde: $q_{\Delta T}$ = parâmetro de variação da temperatura da água no IQA_4;

ΔT = variação de temperatura em relação à temperatura de equilíbrio.

Conforme Pereira *et al* (2013) e Medeiros (2012), os mananciais brasileiros não recebem cargas térmicas elevadas e isso faz com que a curva de temperatura desenvolvida originalmente pela NSF não esteja de acordo com as condições reais no Brasil, especialmente no Maranhão. Portanto, considera-se a variação da temperatura de equilíbrio próxima de zero, com o valor de índice de parâmetro $q_{\Delta T}$ igual a 93 e constante (PEREIRA, 2013).

Assim, adotou-se $q_{\Delta T}$ constante e igual a 93 em todas as amostragens.

• Potencial Hidrogeniônico – pH

O parâmetro do Potencial Hidrogeniônico pH foi calculado pela pela expressão (GRUNITZKI *et al*, 2013):

$$q_{pH} = 0{,}05421 \cdot pH^{(1{,}23 \cdot pH - 0{,}09873 \cdot pH^2)} + 5{,}213$$

Onde: q_{pH} = parâmetro do pH no IQA_4;

pH = potencial hidrogeniônico medido.

2.5. Análise da Qualidade das Águas nas 4 Campanhas da REMQAS

A análise será feita de duas formas:

i. Primeiramente foi feita uma análise global por campanha, denotando a qualidade da água em geral nas bacias amostradas em cada um dos períodos, onde são apresentados histogramas gerais da qualidade das águas nos pontos pesquisados;

ii. Em segundo lugar, foram identificados os pontos mais críticos amostrados, que apresentam qualidade de água classificada entre PÉSSIMA e RUIM, sendo então feita uma análise de evolução sazonal da qualidade, quando os dados amostrados permitiram.

2.5.1. Análise Global das Campanhas da REMQAS

2.5.1.1. Campanha do Primeiro Trimestre/2017 de 13 de março a 15 de maio de 2017

Conforme havia sido explanado anteriormente no Item 2.2.2, a primeira campanha de amostragem da REMQAS foi realizada entre 13 de março e 15 de maio de 2017, tendo sido amostrados 131 (cento e trinta e um) pontos, sendo 55 pontos obrigatórios para atender aos 20% dos pontos totais de execução do programa e 76 pontos adicionais realizados conforme a Portaria 02/2016/SEMA. A logística foi feita pela criação de nove rotas que contemplassem esses 131 pontos.

Nesta primeira campanha, foram amostrados 131 pontos com dados de pH, condutividade, turbidez, temperatura do ar, temperatura da água, TDS, salinidade e OD. Entretanto não foram medidos dados de TDS, salinidade e, dos 131 pontos, em apenas 127 pontos foram amostrados os parâmetros necessários para determinação do IQA_4. A **Tabela 2.13** apresenta o sumário dos pontos e parâmetros amostrados. A **Tabela 2.14** apresenta a análise do IQA_4 para os 127 pontos onde foi possível a determinação do índice IQA_4.

Conforme se pode observar na **Tabela 2.14**, não há pontos com qualidade de água péssima. Apenas 5 pontos classificados como ruins (3,9%), 35% classificados como razoável e 56% classificados como água de boa qualidade e 5 pontos (3,9%) classificados como ótima.

A **Figura 2.4** apresenta o histograma desta classificação.

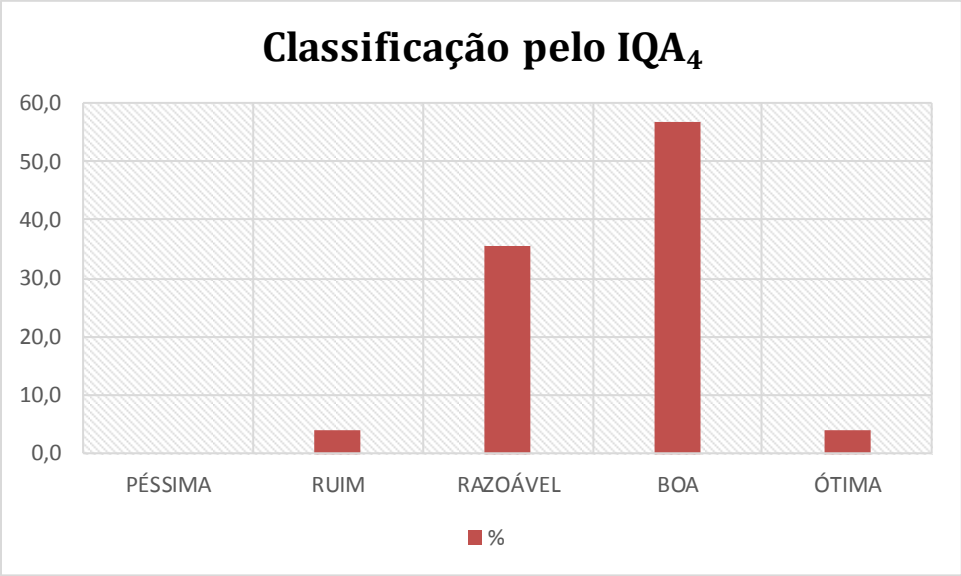


Figura 2.4 - Classificação da Qualidade da Água para a Campanha de Março a Maio de 2017

2.5.1.2. Campanha de Junho e Julho de 2017

Nesta segunda campanha foram amostrados 102 pontos com dados suficientes para análise do IQA_4. A **Tabela 2.15** apresenta o sumário dos pontos e parâmetros amostrados. A **Tabela 2.16** apresenta a análise do IQA_4.

Nesta campanha foram amostrados pontos para rios da região centro-norte do estado, entre o litoral e a latitude de 4º 30”.

Tabela 2.13 - Resumo dos Pontos e Parâmetros Amostrados na Campanha de Março/Maio/2017

PONTO	MUNICÍPIO	TIPOLOGIA	LAT	LOG	BACIA	pH	CONDUTIVIDADE	TURBIDEZ	TEMP DA ÁGUA	OD
MA-7192-I-16	Anapurus	Impacto	-3,62445	-43,10120	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,41	44,70	13,60	26,89	5,10
MA-7164-I-1	Anapurus	Impacto	-3,68391	-43,12280	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	4,98	43,80	22,40	26,57	2,71
MA-7192-R-12	Chapadinha	Referência	-3,89733	-43,54760	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,00	58,50	6,39	25,45	5,98
MA-7192-I-15	Mata Roma	Impacto	-3,55988	-43,34810	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,4	42,30	78,46	27,25	6,83
MA-7192-I-3	Mata Roma	Impacto	-3,57498	-43,38350	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,66	69,00	41,14	26,38	6,82
MA-7164-I-11	Mata Roma	Impacto	-3,56778	-43,31690	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,21	41,30	66,54	27,20	6,89
MA-7192-I-14	Nina Rodrigues	Impacto	-3,46504	-43,81580	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,95	37,40	115,87	25,71	5,07
MA-7192-I-1	Nina Rodrigues	Impacto	-3,46460	-43,89310	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,7	37,70	88,24	26,50	5,54
MA-7192-I-13	Nina Rodrigues	Impacto	-3,45944	-43,89890	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,71	25,30	58,70	26,37	4,44
MA-7192-I-5	Urbano Santos	Impacto	-3,42779	-43,43520	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,22	52,40	81,75	28,07	6,95
MA-7192-I-11	Urbano Santos	Impacto	-3,26938	-43,42340	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,07	63,30	6,19	27,26	6,90
MA-7192-I-10	Urbano Santos	Impacto	-3,20917	-43,40640	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	4,98	53,60	3,00	27,45	6,86
MA-7192-I-17	Vargem Grande	Impacto	-3,58056	-43,69720	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,83	37,30	99,90	27,55	4,19
MA-7192-I-18	Vargem Grande	Impacto	-3,55361	-43,87360	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,69	24,80	44,64	26,60	3,24
MA-7285-I-2	Coelho Neto	Impacto	-4,16694	-43,22390	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,14	91,30	20,26	27,86	3,74
MAPI-7219-IE-8	Coelho Neto	Impacto/Estratégico	-4,28806	-42,98550	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,37	56,70	133,34	29,08	6,39
MA-7164-I-16	São Benedito do Rio Preto	Impacto	-3,33472	-43,52499	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,1	61,40	71,70	28,40	7,05
MA-7194-R-3	Santo Amaro do Maranhão	Referência	-2,50494	-43,2533	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	5,84	64,40	4,09	28,20	7,85
MA-7193-IE-3	Humberto de Campos	Impacto/Estratégico	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	6,08	44696,70	280,27	28,15	4,96
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	Impacto	-2,58646	-43,4609	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	5,88	5273,10	120,05	26,97	4,78
MA-7196-R-3	Barreirinhas	Referência	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	4,35	37,80	12,47	26,92	4,56
MA-7196-I-5	Barreirinhas	Impacto	-2,78600	-42,86300	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,48	120,90	37,27	29,78	5,89
MA-7196-I-1	Barreirinhas	Impacto	-2,75621	-42,8394	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,49	64,20	16,96	28,17	4,92
MA-7196-I-2	Barreirinhas	Impacto	-2,73291	-42,7827	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,85	94,60	7,80	29,69	6,04
MA-7162-I-37	Barreirinhas	Impacto	-2,96861	-42,9467	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	5,5	47,60	10,37	25,81	3,65
MA-7197-I-3	Paulino Neves	Impacto	-2,71543	-42,5319	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,59	613,90	18,70	29,24	6,97
MA-7197-I-2	Paulino Neves	Impacto	-2,76957	-42,6302	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,76	5855,00	18,70	32,20	9,45
MA-7162-I-39	Primeira Cruz	Impacto	-2,50623	-43,4437	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	6,63	27674,10	114,93	28,52	3,31
MA-7194-I-1	Primeira Cruz	Impacto	-2,54337	-43,4164	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	6,22	10993,00	227,09	27,61	2,56
MA-7162-I-43	Araiose	Impacto	-2,86860	-41,9024	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	6,74	1879,00	180,02	29,40	6,75
MA-7199-R-4	Araiose	Referência	-2,81347	-41,9078	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	7,12	5746,00	180,07	30,02	6,65
MA-7198-R-2	Araiose	Referência	-2,89143	-41,8921	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	7,03	1308,00	172,77	29,40	7,32
MA-7162-I-22	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,67808	-45,8989	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,88	85,40	44,73	28,18	6,56
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,98	162,60	31,49	26,90	5,14
MA-7162-I-42	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,66472	-45,8417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,09	154,70	52,21	27,91	5,20
MA-7162-R-10	Alto Alegre do Pindaré	Referência	-3,69376	-45,9937	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,92	97,70	74,78	27,21	6,37
MA-7162-I-29	Pindaré-Mirim	Impacto	-3,61172	-45,2954	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,16	103,10	61,17	28,06	5,27

PONTO	MUNICÍPIO	TIPOLOGIA	LAT	LOG	BACIA	pH	CONDUTIVIDADE	TURBIDEZ	TEMP DA ÁGUA	OD
MA-7162-R-19	Pindaré-Mirim	Referência	-3,66111	-45,4583	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	5,7	126,50	24,02	28,44	2,72
MA-7162-I-31	Monção	Impacto	-3,48922	-45,1496	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	5,58	101,80	16,94	30,10	2,01
MA-7162-I-36	Monção	Impacto	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	5,86	106,70	22,03	29,87	2,85
MA-7162-I-9	Monção	Impacto	-3,58069	-45,35	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	5,78	115,30	20,94	29,48	3,52
MA-7164-I-22	Bela Vista do Maranhão	Impacto	-3,76972	-45,2177	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	5,96	145,80	38,51	29,34	5,47
MA-7162-I-24	Tufilândia	Impacto	-3,72019	-45,5585	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	6,78	122,50	16,40	28,68	2,66
MA-7164-I-4	Igarapé do Meio	Impacto	-3,72000	-45,0829	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	5,88	139,40	34,97	29,46	3,46
MA-7162-I-17	Bom Jardim	Impacto	-3,57755	-46,0107	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	4,39	12,10	22,40	29,19	7,98
MA-7162-I-25	Bom Jardim	Impacto	-3,69369	-45,4949	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	5,88	163,00	55,18	28,53	6,31
MA-7162-R-32	Bom Jardim	Referência	-3,63547	-45,6221	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	5,81	133,70	30,11	28,78	3,75
MA-7162-I-20	São João do Carú	Impacto	-3,55051	-46,2569	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	6,06	104,40	21,10	28,38	5,92
MA-7192-I-4	Presidente Juscelino	Impacto	-3,11039	-44,0142	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	5,34	22,20	39,23	25,53	6,83
MA-7192-I-6	Cachoeira Grande	Impacto	-2,92344	-44,0583	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	5,93	44,40	36,52	27,60	4,57
MA-7192-I-19	Presidente Juscelino	Impacto	-2,93507	-44,0652	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	5,92	44,20	32,26	27,61	4,29
MA-7192-IE-4	Rosário	impacto/Estratégico	-2,90911	-44,2429	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,35	65,60	57,84	27,96	5,70
MA-7181-I-4	Rosário	Impacto	-3,04538	-44,2365	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,4	61,70	37,50	27,90	5,81
MA-7181-I-2	Santa Rita	Impacto	-3,15473	-44,2809	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	5,88	64,20	50,74	27,90	5,53
MA-7164-I-19	Cantanhede	Impacto	-3,62778	-44,3792	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,61	87,00	47,70	29,00	6,35
MA-7181-I-1	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,37039	-44,3447	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,6	87,00	47,80	29,80	6,43
MA-7181-I-3	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,53386	-44,3959	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,2	72,50	56,30	29,00	5,84
MA-7163-I-2	Arari	Impacto	-3,40186	-44,8151	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,3	133,90	101,50	29,10	0,50
MA-7163-I-1	Vitória do Mearim	Impacto	-3,46774	-44,8725	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,43	109,30	12,56	29,10	2,22
MA-7162-I-5	Viana	Impacto	-3,15191	-45,02660	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,00	388,00	20,70	31,20	4,22
MA-7162-I-1	Cajari	Impacto	-3,29337	-44,88909	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,3	121,00	50,43	29,70	1,80
MA-715-I-13	Alcântara	Impacto	-2,53260	-44,5382	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	8,00	27035,60	286,50	28,50	6,21
MA-715-I-32	Alcântara	Impacto	-2,32188	-44,6587	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	7,98	35140,00	14,80	27,14	6,84
MA-715-I-33	Alcântara	Impacto	-2,38999	-44,5183	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	7,7	30183,00	20,50	30,40	5,63
MA-715-I-11	Bequimão	Impacto	-2,31633	-44,8388	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	7,21	12742,50	95,86	26,60	3,53
MA-715-I-31	Bequimão	Impacto	-2,28611	-44,6852	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	8,47	36963,00	21,02	27,00	6,60
MA-715-I-30	Central do Maranhão	Impacto	-2,20430	-44,8309	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	6,88	66,00	35,80	31,30	5,65
MA-715-I-29	Cururupu	Impacto	-1,86949	-44,71700	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	8,00	956,90	252,60	30,73	3,56
MA-715-I-23	Peri Mirim	Impacto	-2,58261	-44,9384	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	6,47	170,00	42,00	26,10	6,71
MA-715-I-6	Pinheiro	Impacto	-2,45589	-45,0074	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	5,56	239,00	40,10	29,80	7,54
MA-715-I-41	Turilândia	Impacto	-2,35764	-45,5166	Bacia Hidrográficas do Rio Turiaçu	7,3	34,70	9,98	29,40	6,24
MA-715-I-16	Turilândia	Impacto	-1,87102	-45,17900	Bacia Hidrográficas do Rio Turiaçu	7,4	3200,80	106,50	27,60	2,90
MA-715-I-39	Santa Helena	Impacto	-2,35045	-45,3915	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	7,37	97,30	11,70	30,10	5,98
MA-715-I-9	Santa Helena	Impacto	-2,23040	-45,3005	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	7,04	35,70	10,45	29,50	5,18
MA-715-R-27	Bacuri	Referência	-1,63846	-44,9114	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	7,85	38140,00	250,80	29,12	3,10
MA-715-I-7	São Bento	Impacto	-2,72034	-44,8145	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,1	273,50	47,50	28,80	2,20
MA-7286-I-1	Balsas	Impacto	-7,30047	-46,0358	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	6,4	132,00	35,57	26,00	7,13
MA-7287-I-1	Balsas	Impacto	-7,53444	-46,0358	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	7,00	7,80	6,08	27,49	7,72
MA-7286-I-2	Balsas	Impacto	-7,47417	-46,0219	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	5,91	30,60	12,42	27,20	7,39

PONTO	MUNICÍPIO	TIPOLOGIA	LAT	LOG	BACIA	pH	CONDUTIVIDADE	TURBIDEZ	TEMP DA ÁGUA	OD
MA-7281-I-1	Loreto	Impacto	-7,08944	-45,1205	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	5,99	36,40	20,43	27,64	7,37
MA-7283-I-4	Sambaíba	Impacto	-7,14889	-45,3489	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	6,02	45,00	86,57	27,01	7,22
MA-7282-I-4	São Raimundo das Mangabeiras	Impacto	-7,03722	-45,5008	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	6,27	44,90	28,38	27,00	7,45
MA-7281-I-2	São Félix de Balsas	Impacto	-7,06750	-44,8125	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	5,92	0,00	25,24	28,03	5,92
MAPI-727-IE-1	Nova Iorque	Impacto/Estratégico	-6,75364	-44,0154	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	5,93	0,00	20,53	30,10	6,93
MA-7286-I-3	Nova Colinas	Impacto	-7,15149	-46,1964	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	6,24	0,00	47,75	24,75	7,25
MATO-6419-IE-1	Carolina	Impacto/Estratégico	-7,33750	-47,4731	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	6,05	39,60	2,33	31,78	7,45
MA-6418-R-6	Carolina	Referência	-7,11294	-47,3303	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	6,12	19,20	0,32	27,74	7,16
MA-642-I-9	Riachão	Impacto	-7,66542	-47,0464	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	6,61	89,80	6,02	27,88	7,77
MA-7187-I-4	Colinas	Impacto	-6,02379	-44,3188	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,64	13,90	6,66	27,40	7,47
MA-7187-I-1	Colinas	Impacto	-6,01194	-44,23788	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,24	33,40	68,84	27,44	7,25
MA-7283-I-3	São Raimundo das Mangabeiras	Impacto	-7,23611	-45,64525	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	5,67	18,40	12,13	26,86	5,49
MA-7284-I-4	Sambaíba	Impacto	-7,52655	-45,81665	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	5,98	37,40	26,74	26,48	7,25
MA-6418-E-5	Estreito	Estratégico	-6,86162	-47,46288	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	6,65	67,20	2,81	32,66	7,16
MA-7165-I-1	Bacabal	Impacto	-4,21944	-44,7653	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,94	218,30	4,15	29,32	0,34
MA-7165-I-5	Bacabal	Impacto	-4,22611	-44,8372	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,6	116,70	67,12	29,73	5,37
MA-7182-I-3	Pirapemas	Referência	-3,86540	-44,2894	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	7,55	100,50	17,85	28,31	5,50
MA-7182-I-2	Pirapemas	Impacto	-3,82380	-44,2822	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,7	98,40	19,80	28,25	5,73
MA-7183-I-1	Pirapemas	Impacto	-3,81161	-44,25700	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	5,15	39,00	15,50	26,58	7,08
MA-7185-I-1	Pirapemas	Impacto	-3,70639	-44,2872	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	7,01	64,80	23,16	28,16	6,08
MA-7185-I-3	São Mateus do Maranhão	Impacto	-4,01806	-44,4417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,25	68,70	22,51	28,33	3,60
MA-7164-R-9	LagoVerde	Impacto	-3,91902	-44,9714	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,73	74,90	3,70	30,48	5,70
MA-7182-I-1	Alto Alegre do Maranhão	Impacto	-4,29840	-44,4697	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	7,93	79,40	18,41	28,24	4,22
MA-7164-I-2	Vitorino Freire	Impacto	-4,23998	-45,3622	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,83	273,00	62,24	30,44	6,32
MA-7164-I-23	Vitorino Freire	Impacto	-4,10647	-45,3078	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,75	279,80	56,36	30,99	6,38
MA-7164-I-5	Vitorino Freire	Impacto	-4,35056	-45,3455	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,82	242,40	80,50	30,43	6,29
MA-7165-I-4	Pedreiras	Impacto	-4,56667	-44,6	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,57	134,70	54,34	30,15	6,52
MA-7165-I-8	Lima Campos	Impacto	-4,63729	-44,4567	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,93	354,20	10,45	26,83	6,51
MA-7165-I-3	São Mateus do Maranhão	Impacto	-3,87691	-44,6128	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,98	85,30	12,40	29,26	1,31
MA-7293-I-3	Tasso Fragoso	Impacto	-8,27083	-45,6683	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	6,4	12,20	202,13	27,12	7,45
MAPI-7293-IE-1	Tasso Fragoso	Impacto/Estratégico	-8,10557	-45,5829	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	6,56	13,00	132,98	27,25	7,45
PIMA-7297-IE-2	Alto Parnaíba	Impacto/Estratégico	-9,11306	-45,92609	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	6,31	12,20	10,27	25,43	7,68
MA-7296-IE-5	Alto Parnaíba	Impacto/Estratégico	-9,00833	-46,0058	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	7,05	7,80	12,43	29,94	7,77
MA-7287-I-2	Balsas	Impacto	-8,07221	-46,26400	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	6,93	7,72	3,40	26,52	9,00
MA-7288-I-2	Balsas	Impacto	-8,45408	-46,2882	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	6,33	4,30	3,37	25,76	7,74
MA-7289-I-1	Balsas	Impacto	-8,85986	-46,6854	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	7,02	4,00	2,49	25,59	7,51
MA-7289-I-2	Balsas	Impacto	-8,59138	-46,40789	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	5,91	4,40	0,00	26,14	6,13
MATO-6419-IE-1	Carolina	Impacto/Estratégico	-7,33750	-47,4731	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	6,05	39,60	2,33	31,78	7,45
MA-6418-R-6	Carolina	Referência	-7,11294	-47,3303	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	6,12	19,20	0,32	27,74	7,16
MA-642-I-9	Riachão	Impacto	-7,66542	-47,0464	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	6,61	89,80	6,02	27,88	7,77
MA-715-I-42	São Luís	Impacto	-2,49122	-44,2588	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,00	134,00		26,30	0,84

PONTO	MUNICÍPIO	TIPOLOGIA	LAT	LOG	BACIA	pH	CONDUTIVIDADE	TURBIDEZ	TEMP DA ÁGUA	OD
MA-715-I-44	São Luís	Impacto	-2,47785	-44,2104	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	5,95	178,00	4,76	27,65	6,39
MA-7162-I-26	São Luís	Impacto	-2,52398	-44,2791	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,5	28557,40	51,50	29,04	4,04
MA-7162-28	São Luís	Impacto	-2,56694	-44,284599	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	8,41	5773,10	19,42	30,55	8,47
MA-7162-I-30	São Luís	Impacto	-2,65084	-44,214399	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	6,56	211155,00	80,7	28,77	5,21
MA-7162-I-34	São Luís	Impacto	-2,66724	-44,319699	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,23	34805,30	95,66	28,46	4,14
MA-715-I-45	Paço do Lumiar	Impacto	-2,47137	-44,1161	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	6,89	40196,90	9,91	29,57	4,26
MA-7162-I-23	Paço do Lumiar	Impacto	-2,51665	-44,073799	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,17	46218,60	7,15	29,82	5,64

Tabela 2.14 - Análise do IQA4 para os Pontos da Campanha de Março a Maio de 2017

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	CLASSIFICAÇÃO
MA-7192-I-16	Anapurus	-3,62445	-43,10120	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	63,62	RAZOÁVEL
MA-7164-I-1	Anapurus	-3,68391	-43,12280	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	45,40	RUIM
MA-7192-R-12	Chapadinha	-3,89733	-43,54760	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	67,14	RAZOÁVEL
MA-7192-I-15	Mata Roma	-3,55988	-43,34810	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	66,19	RAZOÁVEL
MA-7192-I-3	Mata Roma	-3,57498	-43,38350	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	70,98	BOA
MA-7164-I-11	Mata Roma	-3,56778	-43,31690	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	65,86	RAZOÁVEL
MA-7192-I-14	Nina Rodrigues	-3,46504	-43,81580	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	58,20	RAZOÁVEL
MA-7192-I-1	Nina Rodrigues	-3,46460	-43,89310	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	60,55	RAZOÁVEL
MA-7192-I-13	Nina Rodrigues	-3,45944	-43,89890	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	55,65	RAZOÁVEL
MA-7192-I-5	Urbano Santos	-3,42779	-43,43520	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	65,60	RAZOÁVEL
MA-7192-I-11	Urbano Santos	-3,26938	-43,42340	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	73,48	BOA
MA-7192-I-10	Urbano Santos	-3,20917	-43,40640	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	73,92	BOA
MA-7192-I-17	Vargem Grande	-3,58056	-43,69720	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	53,17	RAZOÁVEL
MA-7192-I-18	Vargem Grande	-3,55361	-43,87360	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	50,11	RAZOÁVEL
MA-7285-I-2	Coelho Neto	-4,16694	-43,22390	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	60,80	RAZOÁVEL
MAPI-7219-IE-8	Coelho Neto	-4,28806	-42,98550	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	71,50	BOA
MA-7164-I-16	São Benedito do Rio Preto	-3,33472	-43,52499	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	65,98	RAZOÁVEL
MA-7194-R-3	Santo Amaro do Maranhão	-2,50494	-43,2533	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	83,24	BOA
MA-7193-IE-3	Humberto de Campos	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	57,82	RAZOÁVEL
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	-2,58646	-43,4609	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	56,28	RAZOÁVEL
MA-7196-R-3	Barreirinhas	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	54,78	RAZOÁVEL
MA-7196-I-5	Barreirinhas	-2,78600	-42,86300	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	76,13	BOA
MA-7196-I-1	Barreirinhas	-2,75621	-42,8394	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	72,21	BOA
MA-7196-I-2	Barreirinhas	-2,73291	-42,7827	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	85,00	BOA
MA-7162-I-37	Barreirinhas	-2,96861	-42,9467	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	55,78	RAZOÁVEL
MA-7197-I-3	Paulino Neves	-2,71543	-42,5319	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	84,79	BOA
MA-7197-I-2	Paulino Neves	-2,76957	-42,6302	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	83,11	BOA
MA-7162-I-39	Primeira Cruz	-2,50623	-43,4437	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	55,10	RAZOÁVEL
MA-7194-I-1	Primeira Cruz	-2,54337	-43,4164	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	45,52	RUIM
MA-7162-I-43	Araiose	-2,86860	-41,9024	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	75,46	BOA
MA-7199-R-4	Araiose	-2,81347	-41,9078	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	77,54	BOA
MA-7198-R-2	Araiose	-2,89143	-41,8921	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	79,28	BOA
MA-7162-I-22	Alto Alegre do Pindaré	-3,67808	-45,8989	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	80,99	BOA
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	74,08	BOA

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	CLASSIFICAÇÃO
MA-7162-I-42	Alto Alegre do Pindaré	-3,66472	-45,8417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	65,44	RAZOÁVEL
MA-7162-R-10	Alto Alegre do Pindaré	-3,69376	-45,9937	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	77,67	BOA
MA-7162-I-29	Pindaré-Mirim	-3,61172	-45,2954	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	65,86	RAZOÁVEL
MA-7162-R-19	Pindaré-Mirim	-3,66111	-45,4583	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	50,88	RAZOÁVEL
MA-7162-I-31	Monção	-3,48922	-45,1496	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	48,39	RUIM
MA-7162-I-36	Monção	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	53,62	RAZOÁVEL
MA-7162-I-9	Monção	-3,58069	-45,35	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	56,63	RAZOÁVEL
MA-7164-I-22	Bela Vista do Maranhão	-3,76972	-45,2177	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	68,29	RAZOÁVEL
MA-7162-I-24	Tufilândia	-3,72019	-45,5585	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	61,63	RAZOÁVEL
MA-7164-I-4	Igarapé do Meio	-3,72000	-45,0829	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	55,08	RAZOÁVEL
MA-7162-I-17	Bom Jardim	-3,57755	-46,0107	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	70,15	BOA
MA-7162-I-25	Bom Jardim	-3,69369	-45,4949	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	70,25	BOA
MA-7162-R-32	Bom Jardim	-3,63547	-45,6221	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	56,56	RAZOÁVEL
MA-7162-I-20	São João do Carú	-3,55051	-46,2569	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	73,93	BOA
MA-7192-I-4	Presidente Juscelino	-3,11039	-44,0142	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	68,17	RAZOÁVEL
MA-7192-I-6	Cachoeira Grande	-2,92344	-44,0583	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	61,39	RAZOÁVEL
MA-7192-I-19	Presidente Juscelino	-2,93507	-44,0652	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	60,08	RAZOÁVEL
MA-7192-IE-4	Rosário	-2,90911	-44,2429	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	70,58	BOA
MA-7181-I-4	Rosário	-3,04538	-44,2365	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	73,76	BOA
MA-7181-I-2	Santa Rita	-3,15473	-44,2809	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	65,71	RAZOÁVEL
MA-7164-I-19	Cantanhede	-3,62778	-44,3792	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	78,13	BOA
MA-7181-I-1	Itapecuru Mirim	-3,37039	-44,3447	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	78,88	BOA
MA-7181-I-3	Itapecuru Mirim	-3,53386	-44,3959	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	70,80	BOA
MA-7163-I-2	Arari	-3,40186	-44,8151	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	42,84	RUIM
MA-7163-I-1	Vitória do Mearim	-3,46774	-44,8725	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	57,78	RAZOÁVEL
MA-7162-I-5	Viana	-3,15191	-45,02660	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	63,90	RAZOÁVEL
MA-7162-I-1	Cajari	-3,29337	-44,88909	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	49,62	RUIM
MA-715-I-13	Alcântara	-2,53260	-44,5382	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	72,79	BOA
MA-715-I-32	Alcântara	-2,32188	-44,6587	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	86,55	BOA
MA-715-I-33	Alcântara	-2,38999	-44,5183	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	82,09	BOA
MA-715-I-11	Bequimão	-2,31633	-44,8388	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	59,80	RAZOÁVEL
MA-715-I-31	Bequimão	-2,28611	-44,6852	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	80,32	BOA
MA-715-I-30	Central do Maranhão	-2,20430	-44,8309	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	78,84	BOA
MA-715-I-29	Cururupu	-1,86949	-44,71700	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	57,20	RAZOÁVEL
MA-715-I-23	Peri Mirim	-2,58261	-44,9384	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	77,67	BOA
MA-715-I-6	Pinheiro	-2,45589	-45,0074	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	74,01	BOA
MA-715-I-41	Turilândia	-2,35764	-45,5166	Bacia Hidrográficas do Rio Turiaçu	87,33	BOA

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	CLASSIFICAÇÃO
MA-715-I-16	Turilândia	-1,87102	-45,17900	Bacia Hidrográficas do Rio Turiaçu	56,79	RAZOÁVEL
MA-715-I-39	Santa Helena	-2,35045	-45,3915	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	86,02	BOA
MA-715-I-9	Santa Helena	-2,23040	-45,3005	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	79,95	BOA
MA-715-R-27	Bacuri	-1,63846	-44,9114	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	54,84	RAZOÁVEL
MA-715-I-7	São Bento	-2,72034	-44,8145	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	57,12	RAZOÁVEL
MA-7286-I-1	Balsas	-7,30047	-46,0358	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	79,62	BOA
MA-7287-I-1	Balsas	-7,53444	-46,0358	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	91,94	ÓTIMA
MA-7286-I-2	Balsas	-7,47417	-46,0219	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	80,36	BOA
MA-7281-I-1	Loreto	-7,08944	-45,1205	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	79,64	BOA
MA-7283-I-4	Sambaíba	-7,14889	-45,3489	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	72,57	BOA
MA-7282-I-4	São Raimundo das Mangabeiras	-7,03722	-45,5008	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	80,98	BOA
MA-7281-I-2	São Félix de Balsas	-7,06750	-44,8125	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	71,71	BOA
MAPI-727-IE-1	Nova Iorque	-6,75364	-44,0154	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	78,63	BOA
MA-7286-I-3	Nova Colinas	-7,15149	-46,1964	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	76,57	BOA
MATO-6419-IE-1	Carolina	-7,33750	-47,4731	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	85,95	BOA
MA-6418-R-6	Carolina	-7,11294	-47,3303	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	85,77	BOA
MA-642-I-9	Riachão	-7,66542	-47,0464	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	89,50	BOA
MA-7187-I-4	Colinas	-6,02379	-44,3188	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	88,74	BOA
MA-7187-I-1	Colinas	-6,01194	-44,23788	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	76,06	BOA
MA-7283-I-3	São Raimundo das Mangabeiras	-7,23611	-45,64525	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	68,54	RAZOÁVEL
MA-7284-I-4	Sambaíba	-7,52655	-45,81665	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	77,61	BOA
MA-6418-E-5	Estreito	-6,86162	-47,46288	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	90,89	ÓTIMA
MA-7165-I-1	Bacabal	-4,21944	-44,7653	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	58,73	RAZOÁVEL
MA-7165-I-5	Bacabal	-4,22611	-44,8372	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	74,90	BOA
MA-7182-I-3	Pirapemas	-3,86540	-44,2894	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	80,76	BOA
MA-7182-I-2	Pirapemas	-3,82380	-44,2822	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	78,64	BOA
MA-7183-I-1	Pirapemas	-3,81161	-44,25700	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	72,16	BOA
MA-7185-I-1	Pirapemas	-3,70639	-44,2872	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	82,06	BOA
MA-7185-I-3	São Mateus do Maranhão	-4,01806	-44,4417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	67,63	RAZOÁVEL
MA-7164-R-9	LagoVerde	-3,91902	-44,9714	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	86,44	BOA
MA-7182-I-1	Alto Alegre do Maranhão	-4,29840	-44,4697	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	71,11	BOA
MA-7164-I-2	Vitorino Freire	-4,23998	-45,3622	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	80,60	BOA
MA-7164-I-23	Vitorino Freire	-4,10647	-45,3078	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	81,98	BOA
MA-7164-I-5	Vitorino Freire	-4,35056	-45,3455	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	79,21	BOA
MA-7165-I-4	Pedreiras	-4,56667	-44,6	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	82,79	BOA
MA-7165-I-8	Lima Campos	-4,63729	-44,4567	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	86,04	BOA
MA-7165-I-3	São Mateus do Maranhão	-3,87691	-44,6128	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	58,86	RAZOÁVEL

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	CLASSIFICAÇÃO
MA-7293-I-3	Tasso Fragoso	-8,27083	-45,6683	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	73,82	BOA
MAPI-7293-IE-1	Tasso Fragoso	-8,10557	-45,5829	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	76,51	BOA
PIMA-7297-IE-2	Alto Parnaíba	-9,11306	-45,92609	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	84,76	BOA
MA-7296-IE-5	Alto Parnaíba	-9,00833	-46,0058	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	91,14	ÓTIMA
MA-7287-I-2	Balsas	-8,07221	-46,26400	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	92,73	ÓTIMA
MA-7288-I-2	Balsas	-8,45408	-46,2882	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	87,21	BOA
MA-7289-I-1	Balsas	-8,85986	-46,6854	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	92,01	ÓTIMA
MA-7289-I-2	Balsas	-8,59138	-46,40789	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	78,51	BOA
MATO-6419-IE-1	Carolina	-7,33750	-47,4731	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	85,95	BOA
MA-6418-R-6	Carolina	-7,11294	-47,3303	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	85,77	BOA
MA-642-I-9	Riachão	-7,66542	-47,0464	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	89,50	BOA
MA-715-I-42	São Luís	-2,49122	-44,2588	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	62,19	RAZOÁVEL
MA-715-I-44	São Luís	-2,47785	-44,2104	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	78,77	BOA
MA-7162-I-26	São Luís	-2,52398	-44,2791	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	67,18	RAZOÁVEL
MA-7162-28	São Luís	-2,56694	-44,284599	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	85,54	BOA
MA-7162-I-30	São Luís	-2,65084	-44,214399	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	68,16	RAZOÁVEL
MA-7162-I-34	São Luís	-2,66724	-44,319699	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	64,19	RAZOÁVEL
MA-715-I-45	Paço do Lumiar	-2,47137	-44,1161	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	73,17	BOA
MA-7162-I-23	Paço do Lumiar	-2,51665	-44,073799	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	84,49	BOA

158

Tabela 2.15 - Resumo dos Pontos e Parâmetros Amostrados na Campanha de Junho/Julho/2017

PONTO	MUNICÍPIO	TIPOLOGIA	LAT	LOG	BACIA	pH	CONDUTIVIDADE	TURBIDEZ	TEMPERATURA DO AR	TEMPERATURA DA ÁGUA	OD
MA-7192-I-16	Anapurus	Impacto	-3,62445	-43,10120	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,21	49,1	11,36	22,35	26,76	5,47
MA-7164-I-1	Anapurus	Impacto	-3,68391	-43,12280	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	4,92	43,5	8,62	24,01	26,51	1,80
MA-7192-R-12	Chapadinha	Referência	-3,89733	-43,54760	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,55	74,8	3,19	24,48	25,48	2,15
MA-7192-I-15	Mata Roma	Impacto	-3,55988	-43,34810	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,22	62,1	41,76	26,90	30,02	7,22
MA-7192-I-3	Mata Roma	Impacto	-3,57498	-43,38350	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,52	88,2	17,00	27,20	26,52	7,02
MA-7164-I-11	Mata Roma	Impacto	-3,56778	-43,31690	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	7,13	60,3	39,84	26,45	29,90	7,30
MA-7192-I-14	Nina Rodrigues	Impacto	-3,46504	-43,81580	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	7,15	83,4	33,91	27,14	29,15	6,85
MA-7192-I-1	Nina Rodrigues	Impacto	-3,46460	-43,89310	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,68	77,6	31,40	26,43	28,92	6,89
MA-7192-I-13	Nina Rodrigues	Impacto	-3,45944	-43,89890	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,38	79,9	32,48	26,86	28,93	6,79
MA-7192-I-5	Urbano Santos	Impacto	-3,42779	-43,43520	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,08	66,2	37,12	26,51	29,54	7,23
MA-7192-I-11	Urbano Santos	Impacto	-3,26938	-43,42340	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,34	61,9	3,80	27,28	28,23	7,05
MA-7192-I-10	Urbano Santos	Impacto	-3,20917	-43,40640	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,12	53,7	3,16	27,90	28,12	6,96
MA-7192-I-17	Vargem Grande	Impacto	-3,58056	-43,69720	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	7,30	100,7	100,98	28,14	29,42	6,61
MA-7192-I-18	Vargem Grande	Impacto	-3,55361	-43,87360	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,99	136,6	78,20	26,36	29,28	6,22
MA-7285-I-2	Coelho Neto	Impacto	-4,16694	-43,22390	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,50	2,3	32,00	26,12	26,82	4,00
MAPI-7219-IE-8	Coelho Neto	Impacto/Estratégico	-4,28806	-42,98550	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,31	64	27,50	23,62	29,71	7,42
MA-7164-I-16	São Benedito do Rio Preto	Impacto	-3,33472	-43,52499	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,84	70,1	24,15	28,56	29,52	7,17
MA-7194-R-3	Santo Amaro do Maranhão	Referência	-2,50494	-43,2533	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	5,11	60,4	2,07	25,42	29,95	7,23
MA-7193-IE-3	Humberto de Campos	Impacto/Estratégico	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	7,69	48013	377,02	26,43	29,63	6,73
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	Impacto	-2,58646	-43,4609	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	5,93	10449	212,30	24,80	28,55	3,84
MA-7196-R-3	Barreirinhas	Referência	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	7,33	53,8	26,00	27,21	29,64	5,36
MA-7196-I-5	Barreirinhas	Impacto	-2,78600	-42,86300	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,44	49,4	4,90	27,65	29,55	6,00
MA-7196-I-1	Barreirinhas	Impacto	-2,75621	-42,8394	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	7,07	54	5,40	26,48	28,90	4,91
MA-7196-I-2	Barreirinhas	Impacto	-2,73291	-42,7827	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	7,09	55,1	5,25	27,75	30,30	6,03
MA-7162-I-37	Barreirinhas	Impacto	-2,96861	-42,9467	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	5,97	28,1	3,30	26,02	27,15	5,40
MA-7197-I-3	Paulino Neves	Impacto	-2,71543	-42,5319	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças		42585,5	3,07	26,06	28,86	6,06
MA-7197-I-2	Paulino Neves	Impacto	-2,76957	-42,6302	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,06	1272,5	10,51	25,25	28,57	8,03
MA-7162-I-39	Primeira Cruz	Impacto	-2,50623	-43,4437	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	6,74	21645,8	132,98	27,82	28,94	3,55
MA-7194-I-1	Primeira Cruz	Impacto	-2,54337	-43,4164	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	6,50	10527,9	102,15	28,34	28,50	3,40
MA-7162-I-43	Araiose	Impacto	-2,86860	-41,9024	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	6,48	5800,4	22,10	27,77	29,05	5,43
MA-7199-R-4	Araiose	Referência	-2,81347	-41,9078	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	7,06	37818,7	46,96	26,52	29,04	4,70
MA-7198-R-2	Araiose	Referência	-2,89143	-41,8921	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	6,32	1693,3	24,12	27,46	30,26	5,76

PONTO	MUNICÍPIO	TIPOLOGIA	LAT	LOG	BACIA	pH	CONDUTIVIDADE	TURBIDEZ	TEMPERATURA DO AR	TEMPERATURA DA ÁGUA	OD
MA-7162-I-22	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,67808	-45,8989	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,91	284,6	63,20	25,64	28,80	7,45
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,05	135,4	94,86	25,70	26,01	7,02
MA-7162-I-42	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,66472	-45,8417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,90	286,7	47,05	25,22	28,28	7,57
MA-7162-R-10	Alto Alegre do Pindaré	Referência	-3,69376	-45,9937	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,96	134,5	71,50	25,45	25,80	7,36
MA-7162-I-29	Pindaré-Mirim	Impacto	-3,61172	-45,2954	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,20	135	310,00	26,20	30,00	7,58
MA-7162-R-19	Pindaré-Mirim	Referência	-3,66111	-45,4583	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,18	296	50,70	28,50	28,25	7,15
MA-7162-I-36	Monção	Impacto	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	6,60	~~260,3~~	75,12	24,40	28,80	6,11
MA-7162-I-9	Monção	Impacto	-3,58069	-45,35	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	6,57	282,2	47,04	26,60	29,30	6,52
MA-7164-I-22	Bela Vista do Maranhão	Impacto	-3,76972	-45,2177	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	6,59	325,2	38,70	25,87	29,15	7,80
MA-7162-I-24	Tufilândia	Impacto	-3,72019	-45,5585	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	6,66	398,6	59,90	27,20	29,50	7,08
MA-7164-I-4	Igarapé do Meio	Impacto	-3,72000	-45,0829	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	6,35	275,5	34,40	22,50	28,90	6,60
MA-7162-I-17	Bom Jardim	Impacto	-3,57755	-46,0107	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	5,60	78,6	16,50	22,32	25,30	2,63
MA-7162-I-25	Bom Jardim	Impacto	-3,69369	-45,4949	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	6,66	297,8	49,70	26,50	28,90	7,26
MA-7162-R-32	Bom Jardim	Referência	-3,63547	-45,6221	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	6,90	279,3	44,90	26,30	28,80	7,67
MA-7162-I-20	São João do Carú	Impacto	-3,55051	-46,2569	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	5,90	115,6	28,00	23,37	25,54	7,79
MA-7192-I-4	Presidente Juscelino	Impacto	-3,11039	-44,0142	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	7,73	43,8	40,11	25,54	28,97	7,26
MA-7192-I-19	Presidente Juscelino	Impacto	-2,93507	-44,0652	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	8,15	44,6	19,93	26,26	28,95	7,19
MA-7191-IE-4	Rosário	impacto/Estratégico	-2,90911	-44,2429	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	7,15	124,5	210,45	25,91	29,82	8,26
MA-7181-I-4	Rosário	Impacto	-3,04538	-44,2365	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	8,23	57,1	10,67	26,16	30,32	6,43
MA-7181-I-2	Santa Rita	Impacto	-3,15473	-44,2809	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses Maranhenses	8,08	82,4	18,41	25,93	30,26	7,17
MA-7161-I-2	Anajatuba	Impacto	-3,20153	-44,7439	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,05	~~168,1~~	302,94	23,70	27,21	5,90
MA-7164-I-19	Cantanhede	Impacto	-3,62778	-44,3792	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	7,52	79,6	84,60	24,25	28,57	7,05
MA-7192-I-6	Cachoeira Grande	Impacto	-2,92344	-44,0583	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	8,09	48,5	23,37	25,35	29,31	7,30
MA-7181-I-1	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,37039	-44,3447	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	8,04	82,6	33,44	24,89	30,04	7,48
MA-7181-I-3	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,53386	-44,3959	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	7,77	80,2	47,43	24,75	29,52	7,72
MA-7163-I-2	Arari	Impacto	-3,40186	-44,8151	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	7,21	125,8	60,03	26,56	30,08	3,80
MA-7163-I-1	Vitória do Mearim	Impacto	-3,46774	-44,8725	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,65	122,9	16,20	25,12	29,60	2,40
MA-7164-I-10	Vitória do Mearim	Impacto	-3,70019	-44,9393	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,18	72,4	3,16	28,77	27,26	0,69
MA-7162-I-5	Viana	Impacto	-3,15191	-45,02660	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,62	225,9	170,62	25,38	29,04	5,89
MA-7162-I-1	Cajari	Impacto	-3,29337	-44,88909	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,60	204,4	83,57	28,64	30,32	6,94
MA-715-I-13	Alcântara	Impacto	-2,53260	-44,5382	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	7,40	38,8	189,10	28,67	28,69	5,89
MA-715-I-32	Alcântara	Impacto	-2,32188	-44,6587	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	7,49	932,2	103,45	25,10	30,51	7,72
MA-715-I-33	Alcântara	Impacto	-2,38999	-44,5183	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	7,13	39,47	403,57	26,36	29,96	
MA-715-I-11	Bequimão	Impacto	-2,31633	-44,8388	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	6,00	235,29	105,10	25,79	29,26	1,63
MA-715-I-31	Bequimão	Impacto	-2,28611	-44,6852	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	7,00	33.45	37,95	26,99	29,92	6,14
MA-715-I-30	Central do Maranhão	Impacto	-2,20430	-44,8309	Sistema Hidrográfico do Litoral	4,85	79	16,54	25,80	25,60	4,81

PONTO	MUNICÍPIO	TIPOLOGIA	LAT	LOG	BACIA	pH	CONDUTIVIDADE	TURBIDEZ	TEMPERATURA DO AR	TEMPERATURA DA ÁGUA	OD
					Ocidental						
MA-715-I-28	Cururupu	Impacto	-1,80954	-44,7121	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	6,37	44.91	32,20	26,92	29,19	5,70
MA-715-I-29	Cururupu	Impacto	-1,86949	-44,71700	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	6,67	20.79	45,23	26,96	29,50	2,80
MA-715-I-23	Peri Mirim	Impacto	-2,58261	-44,9384	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	5,41	72.70	5,96	24,52	25,27	5,13
MA-715-I-6	Pinheiro	Impacto	-2,45589	-45,0074	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	5,45	104.9	11,46	23,88	28,71	2,13
MA-715-I-41	Turilândia	Impacto	-2,35764	-45,5166	Bacia Hidrográficas do Rio Turiaçu	6,38	88.5	42,74	26,15	31,86	5,78
MA-715-I-16	Turilândia	Impacto	-1,87102	-45,17900	Bacia Hidrográficas do Rio Turiaçu	5,85	13.70	99,52	23,95	28,64	3,87
MA-715-I-39	Santa Helena	Impacto	-2,35045	-45,3915	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	5,58	45.3	53,09	27,57	28,60	3,75
MA-715-I-9	Santa Helena	Impacto	-2,23040	-45,3005	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	5,99	74.8	28,61	25,00	32,35	6,78
MA-715-R-27	Bacuri	Referência	-1,63846	-44,9114	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	4,51	64.8	1,09	29,61	25,76	0,60
MA-715-I-7	São Bento	Impacto	-2,72034	-44,8145	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	8,02	221.3	10,01	28,20	29,35	1,06
MA-7286-I-1	Balsas	Impacto	-7,30047	-46,0358	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	8,02	92,9	6,07	23,83	22,64	7,85
MA-7287-I-1	Balsas	Impacto	-7,53444	-46,0358	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	7,04	10,6	4,47	24,78	24,47	8,28
MA-7286-I-2	Balsas	Impacto	-7,47417	-46,0219	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	7,09	19,5	8,32	23,14	23,34	7,72
MA-7281-I-1	Loreto	Impacto	-7,08944	-45,1205	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	7,04	22,8	4,93	22,25	25,35	8,13
MA-7283-I-4	Sambaíba	Impacto	-7,14889	-45,3489	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	6,79	22,3	6,20	32,50	24,94	8,05
MA-7282-I-4	São Raimundo das Mangabeiras	Impacto	-7,03722	-45,5008	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	6,80	26,8	4,75	22,62	22,14	7,90
MA-7281-I-2	São Félix de Balsas	Impacto	-7,06750	-44,8125	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	7,26	21	5,15	24,72	25,49	8,19
MAPI-727-IE-1	Nova Iorque	Impacto/Estratégico	-6,75364	-44,0154	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	7,84	27,5	53,25	24,32	29,54	7,36
MA-7286-I-3	Nova Colinas	Impacto	-7,15149	-46,1964	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	8,40	121,9	4,02	25,62	22,43	8,18
MA-7187-I-4	Colinas	Impacto	-6,02379	-44,3188	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	7,13	9,9	3,49	22,65	23,65	8,14
MA-7187-I-1	Colinas	Impacto	-6,01194	-44,23788	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	7,15	12,9	11,64	23,68	23,83	8,02
MA-7283-I-3	São Raimundo das Mangabeiras	Impacto	-7,23611	-45,64525	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	6,77	12,6	10,33	23,34	23,72	7,33
MA-7284-I-4	Sambaíba	Impacto	-7,52655	-45,81665	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	7,19	22,7	10,56	24,96	24,60	8,07
MA-7165-I-1	Bacabal	Impacto	-4,21944	-44,7653	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	5,20	91,5	25,00	23,73	28,38	7,62
MA-7165-I-5	Bacabal	Impacto	-4,22611	-44,8372	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	5,09	507,8	7,72	24,57	28,31	4,45
MA-7182-I-3	Pirapemas	Referência	-3,86540	-44,2894	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	5,93	334,9	56,90	25,47	26,56	6,59
MA-7185-I-1	Pirapemas	Impacto	-3,70639	-44,2872	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	5,54	214	33,85	26,61	27,76	6,80
MA-7164-R-9	LagoVerde	Impacto	-3,91902	-44,9714	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	5,91	90,1	18,04	29,68	26,76	2,23
MA-7182-I-1	Alto Alegre do Maranhão	Impacto	-4,29840	-44,4697	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	5,53	~~3,88~~	19,50	24,00	29,63	9,00
MA-7164-I-2	Vitorino Freire	Impacto	-4,23998	-45,3622	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	5,50	393	59,19	24,70	29,18	8,63
MA-7164-I-23	Vitorino Freire	Impacto	-4,10647	-45,3078	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,70	389	26,03	25,90	30,70	9,50
MA-7164-I-5	Vitorino Freire	Impacto	-4,35056	-45,3455	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,23	87,7	72,25	23,65	28,70	8,19
MA-7165-I-4	Pedreiras	Impacto	-4,56667	-44,6	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	5,66	99,8	39,02	25,49	29,52	7,30
MA-7293-I-3	Tasso Fragoso	Impacto	-8,27083	-45,6683	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	7,24	22,8	22,25	24,70	27,40	8,00

Tabela 2.16 - Análise do IQA4 para os Pontos da Campanha de Junho/Julho de 2017

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	CLASSIFICAÇÃO
MA-7192-I-16	Anapurus	-3,62445	-43,10120	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	64,93	RAZOÁVEL
MA-7164-I-1	Anapurus	-3,68391	-43,12280	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	44,48	RUIM
MA-7192-R-12	Chapadinha	-3,89733	-43,54760	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	51,51	RAZOÁVEL
MA-7192-I-15	Mata Roma	-3,55988	-43,34810	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	79,22	BOA
MA-7192-I-3	Mata Roma	-3,57498	-43,38350	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	83,41	BOA
MA-7164-I-11	Mata Roma	-3,56778	-43,31690	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	86,32	BOA
MA-7192-I-14	Nina Rodrigues	-3,46504	-43,81580	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	85,41	BOA
MA-7192-I-1	Nina Rodrigues	-3,46460	-43,89310	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	83,04	BOA
MA-7192-I-13	Nina Rodrigues	-3,45944	-43,89890	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	79,94	BOA
MA-7192-I-5	Urbano Santos	-3,42779	-43,43520	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	78,32	BOA
MA-7192-I-11	Urbano Santos	-3,26938	-43,42340	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	77,14	BOA
MA-7192-I-10	Urbano Santos	-3,20917	-43,40640	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	75,46	BOA
MA-7192-I-17	Vargem Grande	-3,58056	-43,69720	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	79,70	BOA
MA-7192-I-18	Vargem Grande	-3,55361	-43,87360	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	77,76	BOA
MA-7285-I-2	Coelho Neto	-4,16694	-43,22390	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	63,38	RAZOÁVEL
MAPI-7219-IE-8	Coelho Neto	-4,28806	-42,98550	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	82,31	BOA
MA-7164-I-16	São Benedito do Rio Preto	-3,33472	-43,52499	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	77,73	BOA
MA-7194-R-3	Santo Amaro do Maranhão	-2,50494	-43,2533	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	77,46	BOA
MA-7193-IE-3	Humberto de Campos	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	77,09	BOA
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	-2,58646	-43,4609	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	49,86	RUIM
MA-7196-R-3	Barreirinhas	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	79,20	BOA
MA-7196-I-5	Barreirinhas	-2,78600	-42,86300	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	82,30	BOA
MA-7196-I-1	Barreirinhas	-2,75621	-42,8394	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	79,30	BOA
MA-7196-I-2	Barreirinhas	-2,73291	-42,7827	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	87,33	BOA
MA-7162-I-37	Barreirinhas	-2,96861	-42,9467	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	73,32	BOA
MA-7197-I-3	Paulino Neves	-2,71543	-42,5319	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	64,29	RAZOÁVEL
MA-7197-I-2	Paulino Neves	-2,76957	-42,6302	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	83,74	BOA
MA-7162-I-39	Primeira Cruz	-2,50623	-43,4437	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	56,86	RAZOÁVEL
MA-7194-I-1	Primeira Cruz	-2,54337	-43,4164	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	55,01	RAZOÁVEL
MA-7162-I-43	Araiose	-2,86860	-41,9024	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	75,04	BOA
MA-7199-R-4	Araiose	-2,81347	-41,9078	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	70,97	BOA
MA-7198-R-2	Araiose	-2,89143	-41,8921	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	76,06	BOA
MA-7162-I-22	Alto Alegre do Pindaré	-3,67808	-45,8989	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	82,99	BOA

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	79,13	BOA
MA-7162-I-42	Alto Alegre do Pindaré	-3,66472	-45,8417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	84,51	BOA
MA-7162-R-10	Alto Alegre do Pindaré	-3,69376	-45,9937	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	81,23	BOA
MA-7162-I-29	Pindaré-Mirim	-3,61172	-45,2954	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	79,62	BOA
MA-7162-R-19	Pindaré-Mirim	-3,66111	-45,4583	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	77,03	BOA
MA-7162-I-36	Monção	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	74,39	BOA
MA-7162-I-9	Monção	-3,58069	-45,35	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	78,87	BOA
MA-7164-I-22	Bela Vista do Maranhão	-3,76972	-45,2177	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	83,76	BOA
MA-7162-I-24	Tufilândia	-3,72019	-45,5585	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	80,74	BOA
MA-7164-I-4	Igarapé do Meio	-3,72000	-45,0829	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	78,57	BOA
MA-7162-I-17	Bom Jardim	-3,57755	-46,0107	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	50,31	RAZOÁVEL
MA-7162-I-25	Bom Jardim	-3,69369	-45,4949	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	81,98	BOA
MA-7162-R-32	Bom Jardim	-3,63547	-45,6221	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	85,06	BOA
MA-7162-I-20	São João do Carú	-3,55051	-46,2569	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	77,93	BOA
MA-7192-I-4	Presidente Juscelino	-3,11039	-44,0142	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	86,14	BOA
MA-7192-I-19	Presidente Juscelino	-2,93507	-44,0652	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	86,60	BOA
MA-7191-IE-4	Rosário	-2,90911	-44,2429	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	80,22	BOA
MA-7181-I-4	Rosário	-3,04538	-44,2365	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	85,53	BOA
MA-7181-I-2	Santa Rita	-3,15473	-44,2809	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	87,79	BOA
MA-7161-I-2	Anajatuba	-3,20153	-44,7439	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	62,82	RAZOÁVEL
MA-7164-I-19	Cantanhede	-3,62778	-44,3792	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	82,04	BOA
MA-7192-I-6	Cachoeira Grande	-2,92344	-44,0583	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	86,88	BOA
MA-7181-I-1	Itapecuru Mirim	-3,37039	-44,3447	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	86,32	BOA
MA-7181-I-3	Itapecuru Mirim	-3,53386	-44,3959	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	86,29	BOA
MA-7163-I-2	Arari	-3,40186	-44,8151	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	64,96	RAZOÁVEL
MA-7163-I-1	Vitória do Mearim	-3,46774	-44,8725	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	59,71	RAZOÁVEL
MA-7164-I-10	Vitória do Mearim	-3,70019	-44,9393	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	53,50	RAZOÁVEL
MA-7162-I-5	Viana	-3,15191	-45,02660	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	70,09	BOA
MA-7162-I-1	Cajari	-3,29337	-44,88909	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	78,48	BOA
MA-715-I-13	Alcântara	-2,53260	-44,5382	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	73,40	BOA
MA-715-I-32	Alcântara	-2,32188	-44,6587	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	83,17	BOA
MA-715-I-33	Alcântara	-2,38999	-44,5183	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	44,91	RUIM
MA-715-I-11	Bequimão	-2,31633	-44,8388	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	42,63	RUIM
MA-715-I-31	Bequimão	-2,28611	-44,6852	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	81,29	BOA
MA-715-I-30	Central do Maranhão	-2,20430	-44,8309	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	56,84	RAZOÁVEL

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	CLASSIFICAÇÃO
MA-715-I-28	Cururupu	-1,80954	-44,7121	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	74,30	BOA
MA-715-I-29	Cururupu	-1,86949	-44,71700	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	57,51	RAZOÁVEL
MA-715-I-23	Peri Mirim	-2,58261	-44,9384	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	64,75	RAZOÁVEL
MA-715-I-6	Pinheiro	-2,45589	-45,0074	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	48,75	RUIM
MA-715-I-41	Turilândia	-2,35764	-45,5166	Bacia Hidrográficas do Rio Turiaçu	75,17	BOA
MA-715-I-16	Turilândia	-1,87102	-45,17900	Bacia Hidrográficas do Rio Turiaçu	51,88	RAZOÁVEL
MA-715-I-39	Santa Helena	-2,35045	-45,3915	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	51,82	RAZOÁVEL
MA-715-I-9	Santa Helena	-2,23040	-45,3005	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	78,27	BOA
MA-715-R-27	Bacuri	-1,63846	-44,9114	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	42,23	RUIM
MA-715-I-7	São Bento	-2,72034	-44,8145	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	58,37	RAZOÁVEL
MA-7286-I-1	Balsas	-7,30047	-46,0358	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	89,94	BOA
MA-7287-I-1	Balsas	-7,53444	-46,0358	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	92,85	ÓTIMA
MA-7286-I-2	Balsas	-7,47417	-46,0219	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	90,16	ÓTIMA
MA-7281-I-1	Loreto	-7,08944	-45,1205	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	92,67	ÓTIMA
MA-7283-I-4	Sambaíba	-7,14889	-45,3489	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	90,55	ÓTIMA
MA-7282-I-4	São Raimundo das Mangabeiras	-7,03722	-45,5008	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	89,55	BOA
MA-7281-I-2	São Félix de Balsas	-7,06750	-44,8125	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	93,53	ÓTIMA
MAPI-727-IE-1	Nova Iorque	-6,75364	-44,0154	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	84,81	BOA
MA-7286-I-3	Nova Colinas	-7,15149	-46,1964	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	88,47	BOA
MA-7187-I-4	Colinas	-6,02379	-44,3188	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	93,07	ÓTIMA
MA-7187-I-1	Colinas	-6,01194	-44,23788	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	90,67	ÓTIMA
MA-7283-I-3	São Raimundo das Mangabeiras	-7,23611	-45,64525	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	86,58	BOA
MA-7284-I-4	Sambaíba	-7,52655	-45,81665	Bacia Hidrográficas do Rio Tocantins	91,44	ÓTIMA
MA-7165-I-1	Bacabal	-4,21944	-44,7653	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	73,14	BOA
MA-7165-I-5	Bacabal	-4,22611	-44,8372	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	59,36	RAZOÁVEL
MA-7182-I-3	Pirapemas	-3,86540	-44,2894	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	70,84	BOA
MA-7185-I-1	Pirapemas	-3,70639	-44,2872	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	71,52	BOA
MA-7164-R-9	LagoVerde	-3,91902	-44,9714	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	51,48	RAZOÁVEL
MA-7182-I-1	Alto Alegre do Maranhão	-4,29840	-44,4697	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	75,73	BOA
MA-7164-I-2	Vitorino Freire	-4,23998	-45,3622	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	71,62	BOA
MA-7164-I-23	Vitorino Freire	-4,10647	-45,3078	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	82,42	BOA
MA-7164-I-5	Vitorino Freire	-4,35056	-45,3455	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	77,66	BOA
MA-7165-I-4	Pedreiras	-4,56667	-44,6	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	74,40	BOA
MA-7293-I-3	Tasso Fragoso	-8,27083	-45,6683	Bacia Hidrográficas do Rio Parnaíba	89,82	BOA

Conforme se pode observar na Tabela 2.2.4.4, não existem pontos cuja qualidade da água possa ser classificada como péssima, 6% são classificadas como ruim, 18,6% como razoável, 68% como boa e 8% como ótima.

A **Figura 2.5** apresenta o histograma da qualidade da água da campanha de junho/julho de 2017.

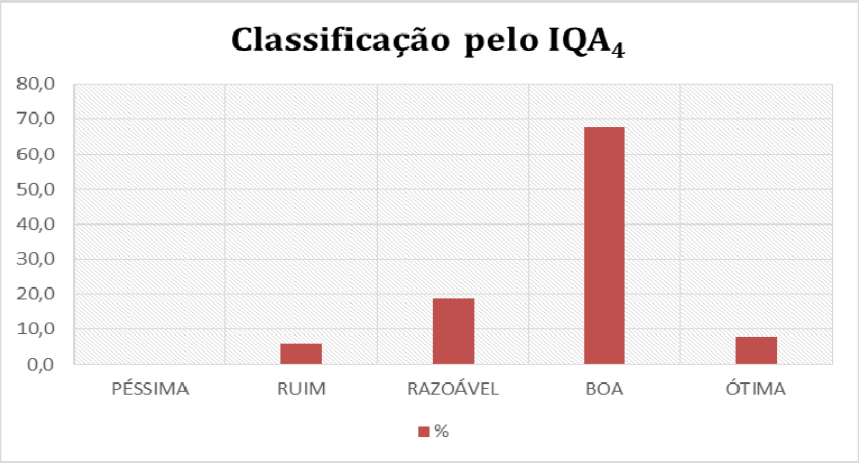


Figura 2.5 - Classificação da Qualidade da Água para a Campanha de Junho a Julho de 2017

A **Figura 2.6** mostra a localização dos pontos amostrados na campanha de julho/julho de 2017. Os pontos identificados com as cores verde e azul representam águas com qualidade ótima e boa, respectivamente, enquanto que os pontos identificados com as cores amarela e laranja, representam pontos com água com qualidade razoável e ruim, respectivamente.

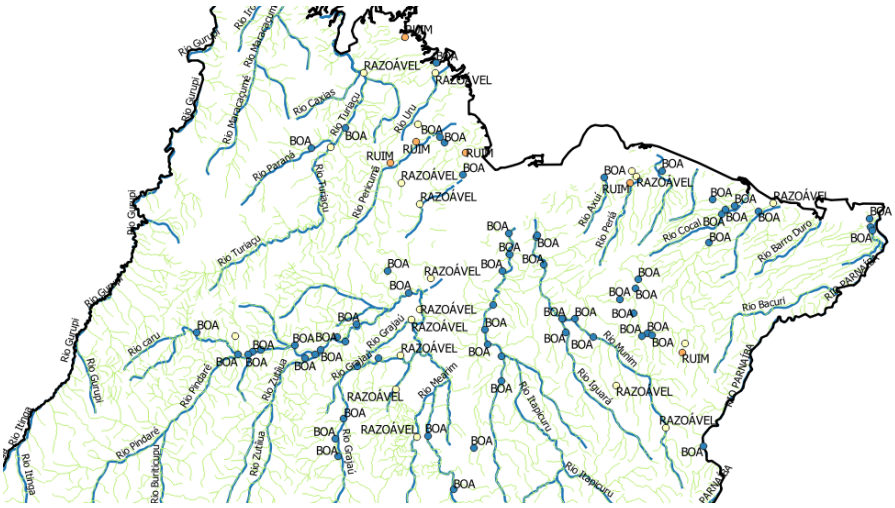


Figura 2.6 - Localização dos Pontos e Qualidade da Água para a Campanha de Junho a Julho de 2017

2.5.1.3. Campanha de Amostragem de Setembro de 2017

Nesta terceira campanha foram amostrados 49 pontos com dados completos para caracterização da qualidade da água dos corpos hídricos pelo IQA_4. A **Tabela 2.17** apresenta os pontos e parâmetros medidos. A **Tabela 2.18** apresenta a análise do IQA_4.

Conforme a **Tabela 2.18**, não houve registro de pontos com água classificada como de péssima qualidade pelo IQA_4. A percentagem de pontos com qualidade ruim foi de 4% (2 pontos amostrais), de qualidade razoável foi 8%, boa foi 77,6% e ótima, 10,2 %. A **Figura 2.7** mostra o histograma de qualidade da água para a campanha de setembro de 2017.

A amostragem foi realizada na região mais norte-nordeste do estado, entre o litoral e a latitude de 4º 30”. A **Figura 2.8** mostra a localização dos pontos amostrados.

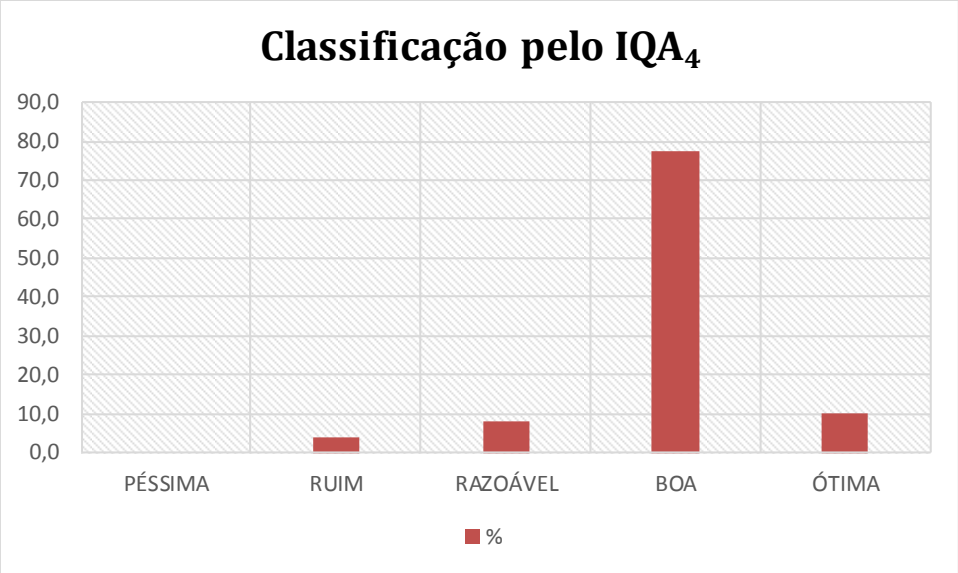


Figura 2.7 - Classificação da Qualidade da Água para a Campanha de Setembro de 2017

Tabela 2.17 - Resumo dos Pontos e Parâmetros Amostrados na Campanha de Setembro de 2017

Ponto	Município	Tipologia	LAT	LOG	Bacia	pH	Condutividade	Turbidez	Temp do ar	Temp da água	Salinidade	OD
MA-715-I-42	São Luís	Impacto	-2,49122	-44,2588	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,20	376000,00		30,70	29,15	0,10	0,00
MA-715-I-44	São Luís	Impacto	-2,47785	-44,2104	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	5,30	180,00	15,61	26,02	28,20	0,08	6,50
MA-715-I-45	Paço do Lumiar	Impacto	-2,47137	-44,1161	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	6,26	55661,40	50,15	26,89	32,26	31,65	5,82
MA-7162-I-22	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,67808	-45,8989	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,47	376,70	46,79	27,18	30,24	0,16	7,37
MA-7162-I-23	Paço do Lumiar	Impacto	-2,51665	-44,073799	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,43	54368,00	34,64	26,36	30,40	32,14	5,60
MA-7162-I-26	São Luís	Impacto	-2,52398	-44,2791	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,93	50032,00	52,08	27,55	29,80	29,30	6,34
MA-7162-I-28	São Luís	Impacto	-2,56694	-44,284599	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,61	51977,00	46,10	30,18	36,54	24,48	7,96
MA-7162-I-29	Pindaré-Mirim	Impacto	-3,61172	-45,2954	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,62	169,30	**294,89**	26,18	36,90	0,06	7,16
MA-7162-I-30	São Luís	Impacto	-2,65084	-44,214399	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	8,08	46057,30	43,60	25,85	30,79	14,37	8,07
MA-7162-I-34	São Luís	Impacto	-2,66724	-44,319699	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,60	38708,00	103,90	29,07	29,40	22,40	7,20
MA-7162-I-36	Monção	Impacto	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	6,26	431,50	83,83	28,74	32,33	0,18	6,31
MA-7162-I-37	Barreirinhas	Impacto	-2,96861	-42,9467	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	5,67	55,20	5,70	24,70	28,60	0,02	7,49
MA-7162-I-39	Primeira Cruz	Impacto	-2,50623	-43,4437	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	7,72	30240,70	9,72	26,95	29,02	19,66	8,14
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,38	212,60	109,79	27,28	27,64	0,09	6,76
MA-7162-I-42	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,66472	-45,8417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,21	379,20	46,79	25,03	30,24	0,16	7,34
MA-7162-R-10	Alto Alegre do Pindaré	Referência	-3,69376	-45,9937	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,26	375,40	52,21	25,63	30,06	0,16	7,39
MA-7164-I-1	Anapurus	Impacto	-3,68391	-43,1228	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	4,97	47,30	5,43	30,86	29,18	0,02	1,47
MA-7164-I-11	Mata Roma	Impacto	-3,56778	-43,3169	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	7,43	58,50	28,56	27,30	30,80	0,02	7,44
MA-7164-I-19	Cantanhede	Impacto	-3,62778	-44,3792	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,68	61,50	10,47	27,15	30,55	0,02	7,67
MA-7165-I-1	Bacabal	Impacto	-4,21944	-44,7653	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	4,45	15,70	8,16	30,66	30,21	0,00	7,65
MA-7165-I-5	Bacabal	Impacto	-4,22611	-44,8372	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,49	606,30	24,23	28,87	33,01	0,25	6,37
MA-7181-I-1	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,37039	-44,3447	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,50	62,50	14,74	28,60	30,80	0,03	8,15
MA-7181-I-2	Santa Rita	Impacto	-3,15473	-44,2809	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	7,02	31,18	8,29	28,17	31,18	0,03	6,95
MA-7181-I-3	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,53386	-44,3959	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,64	60,50	12,03	28,02	30,78	0,02	8,13
MA-7185-I-3	São Mateus do Maranhão	Impacto	-4,01806	-44,4417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,44	99,80	36,33	25,53	31,99	0,04	6,46
MA-7191-IE-4	Rosário	impacto/Estratégico	-2,90911	-44,2429	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,84	34046,00	113,41	26,60	29,68	19,33	6,17
MA-7192-I-1	Nina Rodrigues	Impacto	-3,4646	-43,8931	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	7,15	61,00	13,70	28,20	30,10	0,02	5,92
MA-7192-I-10	Urbano Santos	Impacto	-3,20917	-43,4064	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,65	54,40	9,80	28,80	29,20	0,02	7,34
MA-7192-I-11	Urbano Santos	Impacto	-3,26938	-43,4234	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,37	61,30	6,40	28,40	29,40	0,02	7,30
MA-7192-I-13	Nina Rodrigues	Impacto	-3,45944	-43,8989	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	7,84	61,10	13,88	29,90	29,00	0,02	7,07
MA-7192-I-14	Nina Rodrigues	Impacto	-3,46504	-43,8158	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,92	61,80	11,60	26,10	29,80	0,02	7,10
MA-7192-I-15	Mata Roma	Impacto	-3,55988	-43,3481	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,05	59,10	27,30	28,30	31,20	0,02	7,39
MA-7192-I-16	Anapurus	Impacto	-3,62445	-43,1012	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,19	56,90	5,47	29,94	28,56	0,02	6,18
MA-7192-I-17	Vargem Grande	Impacto	-3,58056	-43,6972	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,63	166,00	70,15	26,50	29,20	0,07	6,95
MA-7192-I-19	Presidente Juscelino	Impacto	-2,93507	-44,0652	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	8,26	48,40	12,37	27,23	29,80	0,02	7,10
MA-7192-I-6	Cachoeira Grande	Impacto	-2,92344	-44,0583	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	7,87	46,90	11,64	25,60	29,72	0,02	7,11
MA-7192-R-12	Chapadinha	Referência	-3,89733	-43,5476	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	4,31	494,30	94,71	26,59	28,83	0,24	8,46

Ponto	Município	Tipologia	LAT	LOG	Bacia	pH	Condutividade	Turbidez	Temp do ar	Temp da água	Salinidade	OD
MA-7193-IE-3	Humberto de Campos	Impacto/Estratégico	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	7,67	51622,40	93,90	28,30	28,82	31,30	5,03
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	Impacto	-2,58646	-43,4609	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	7,19	35570,50	25,07	28,10	28,60	20,72	4,36
MA-7194-R-3	Santo Amaro do Maranhão	Referência	-2,50494	-43,2533	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	6,40	56,00	2,02	26,70	30,20	0,02	7,75
MA-7195-R-3	Barreirinhas	Referência	-2,52733	-43,0466	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	**4,74**	47,10	0,00	29,20	27,40	0,02	**4,50**
MA-7196-I-1	Barreirinhas	Impacto	-2,75621	-42,8394	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,58	52,00	5,28	26,70	29,80	0,02	6,22
MA-7196-I-2	Barreirinhas	Impacto	-2,73291	-42,7827	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	7,32	53,90	6,74	25,70	30,40	0,02	7,27
MA-7196-I-5	Barreirinhas	Impacto	-2,786	-42,863	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,29	50,20	5,70	28,70	30,20	0,02	6,14
MA-7196-R-3	Barreirinhas	Referência	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	4,82	41,40	1,44	28,57	30,31	0,02	7,17
MA-7197-I-2	Paulino Neves	Impacto	-2,76957	-42,6302	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	8,67	6666,70	174,90	27,70	33,80	3,59	9,40
MA-7197-I-3	Paulino Neves	Impacto	-2,71543	-42,5319	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	7,50	17715,80	7,14	25,70	29,40	10,44	7,20
MA-7285-I-2	Coelho Neto	Impacto	-4,16694	-43,2239	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,64	176,60	248,92	29,12	30,25	0,07	5,57
MAPI-7219-IE-8	Coelho Neto	Impacto/Estratégico	-4,28806	-42,9855	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	7,28	49,20	11,33	27,46	31,31	0,02	9,12

Tabela 2.18 - Análise do IQA4 para os Pontos da Campanha de Setembro de 2017

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	CLASSIFICAÇÃO
MA-715-I-42	São Luís	-2,49122	-44,2588	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	45,09	RUIM
MA-715-I-44	São Luís	-2,47785	-44,2104	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	71,46	BOA
MA-715-I-45	Paço do Lumiar	-2,47137	-44,1161	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	73,75	BOA
MA-7162-I-22	Alto Alegre do Pindaré	-3,67808	-45,8989	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	81,38	BOA
MA-7162-I-23	Paço do Lumiar	-2,51665	-44,073799	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	80,08	BOA
MA-7162-I-26	São Luís	-2,52398	-44,2791	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	80,76	BOA
MA-7162-I-28	São Luís	-2,56694	-44,284599	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	85,81	BOA
MA-7162-I-29	Pindaré-Mirim	-3,61172	-45,2954	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	76,58	BOA
MA-7162-I-30	São Luís	-2,65084	-44,214399	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	85,25	BOA
MA-7162-I-34	São Luís	-2,66724	-44,319699	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	81,82	BOA
MA-7162-I-36	Monção	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	73,82	BOA
MA-7162-I-37	Barreirinhas	-2,96861	-42,9467	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	80,66	BOA
MA-7162-I-39	Primeira Cruz	-2,50623	-43,4437	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	92,51	ÓTIMA
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	73,34	BOA
MA-7162-I-42	Alto Alegre do Pindaré	-3,66472	-45,8417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	78,94	BOA
MA-7162-R-10	Alto Alegre do Pindaré	-3,69376	-45,9937	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	78,92	BOA
MA-7164-I-1	Anapurus	-3,68391	-43,1228	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	44,88	RUIM
MA-7164-I-11	Mata Roma	-3,56778	-43,3169	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	88,98	BOA
MA-7164-I-19	Cantanhede	-3,62778	-44,3792	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	89,23	BOA
MA-7165-I-1	Bacabal	-4,21944	-44,7653	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	73,14	BOA
MA-7165-I-5	Bacabal	-4,22611	-44,8372	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	82,31	BOA
MA-7181-I-1	Itapecuru Mirim	-3,37039	-44,3447	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	86,82	BOA
MA-7181-I-2	Santa Rita	-3,15473	-44,2809	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	90,68	ÓTIMA
MA-7181-I-3	Itapecuru Mirim	-3,53386	-44,3959	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	88,59	BOA
MA-7185-I-3	São Mateus do Maranhão	-4,01806	-44,4417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	80,06	BOA
MA-7191-IE-4	Rosário	-2,90911	-44,2429	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	75,12	BOA
MA-7192-I-1	Nina Rodrigues	-3,4646	-43,8931	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	84,70	BOA
MA-7192-I-10	Urbano Santos	-3,20917	-43,4064	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	79,21	BOA
MA-7192-I-11	Urbano Santos	-3,26938	-43,4234	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	77,79	BOA
MA-7192-I-13	Nina Rodrigues	-3,45944	-43,8989	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	89,25	BOA
MA-7192-I-14	Nina Rodrigues	-3,46504	-43,8158	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	80,76	BOA
MA-7192-I-15	Mata Roma	-3,55988	-43,3481	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	80,19	BOA
MA-7192-I-16	Anapurus	-3,62445	-43,1012	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	71,69	BOA
MA-7192-I-17	Vargem Grande	-3,58056	-43,6972	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	79,14	BOA
MA-7192-I-19	Presidente Juscelino	-2,93507	-44,0652	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	87,29	BOA
MA-7192-I-6	Cachoeira Grande	-2,92344	-44,0583	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	90,02	ÓTIMA
MA-7192-R-12	Chapadinha	-3,89733	-43,5476	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	63,12	RAZOÁVEL

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	CLASSIFICAÇÃO
MA-7193-IE-3	Humberto de Campos	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	70,37	BOA
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	-2,58646	-43,4609	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	71,83	BOA
MA-7194-R-3	Santo Amaro do Maranhão	-2,50494	-43,2533	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	89,45	BOA
MA-7195-R-3	Barreirinhas	-2,52733	-43,0466	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	60,64	RAZOÁVEL
MA-7196-I-1	Barreirinhas	-2,75621	-42,8394	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	84,75	BOA
MA-7196-I-2	Barreirinhas	-2,73291	-42,7827	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	92,73	ÓTIMA
MA-7196-I-5	Barreirinhas	-2,786	-42,863	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	81,85	BOA
MA-7196-R-3	Barreirinhas	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	76,06	BOA
MA-7197-I-2	Paulino Neves	-2,76957	-42,6302	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	67,70	RAZOÁVEL
MA-7197-I-3	Paulino Neves	-2,71543	-42,5319	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	92,24	ÓTIMA
MA-7285-I-2	Coelho Neto	-4,16694	-43,2239	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	68,23	RAZOÁVEL
MAPI-7219-IE-8	Coelho Neto	-4,28806	-42,9855	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	89,46	BOA

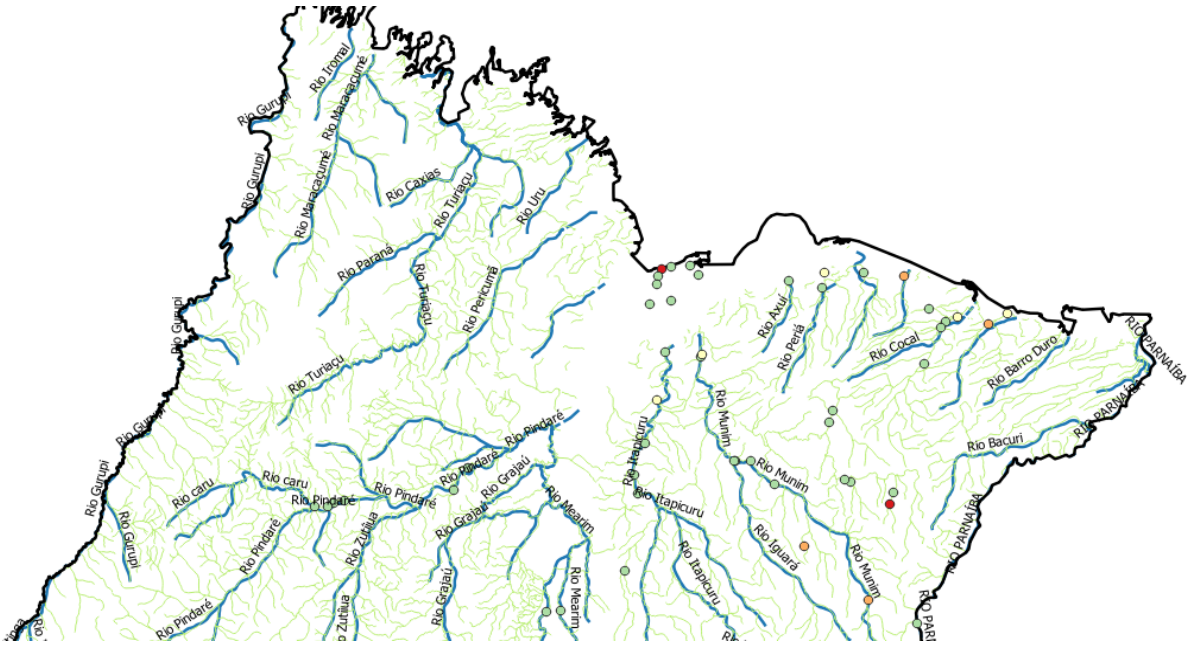


Figura 2.8 - Localização dos Pontos e Qualidade da Água para a Campanha de Setembro de 2017

2.5.1.4. Campanha de Amostragem de Dezembro de 2017

Nesta quarta campanha foram amostrados 46 pontos com dados completos para caracterização da qualidade da água dos corpos hídricos pelo IQA_4. A **Tabela 2.19** apresenta os pontos e parâmetros medidos. A **Tabela 2.20** apresenta a análise do IQA_4.

Conforme se pode observar na **Tabela 2.20**, na campanha de dezembro de 2017 não houve ponto com água classificada como péssima pelo IQA_4. Houve 2 pontos ruins (4%), 15% na classificação de razoável, 78% em boa qualidade e 1 ponto (2%) classificado como de ótima qualidade. A **Figura 2.9** apresenta o histograma de qualidade de água.

A amostragem foi realizada na região mais norte-nordeste do estado, entre o litoral e a latitude de 4º 30”. A **Figura 2.20** mostra a localização dos pontos amostrados.

Tabela 2.19 - Resumo dos Pontos e Parâmetros Amostrados na Campanha de Dezembro de 2017

Ponto	Município	Tipologia	LAT	LOG	Bacia	pH	Condutividade	Turbidez	Temp do ar	Temp da água	Salinidade	OD
MA-715-I-42	São Luís	Impacto	-2,49122	-44,2588	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,04	103,00		32,53	34,00	0,08	4,64
MA-715-I-44	São Luís	Impacto	-2,47785	-44,2104	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	5,43	164,30	1,07	25,51	27,43	0,08	6,52
MA-715-I-45	Paço do Lumiar	Impacto	-2,47137	-44,1161	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	5,87	55705,10	25,17	25,36	28,99	36,93	5,07
MA-7162-I-22	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,67808	-45,8989	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,04	384,70	60,97	25,12	28,36	0,16	6,90
MA-7162-I-23	Paço do Lumiar	Impacto	-2,51665	-44,073799	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	6,92	56304,00	26,85	26,14	29,58	38,48	5,00
MA-7162-I-26	São Luís	Impacto	-2,52398	-44,2791	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,59	49928,10	97,76	27,00	27,90	35,46	5,40
MA-7162-I-28	São Luís	Impacto	-2,56694	-44,284599	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,68	32780,40	328,41	28,55	30,71	23,15	3,58
MA-7162-I-29	Pindaré-Mirim	Impacto	-3,61172	-45,2954	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,88	165,40	490,44	26,24	29,13	0,07	7,27
MA-7162-I-30	São Luís	Impacto	-2,65084	-44,214399	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,58	47486,50	10,83	28,70	28,78	30,80	5,06
MA-7162-I-34	São Luís	Impacto	-2,66724	-44,319699	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	7,50	53,75	647,17	30,53	30,93	31,58	3,68
MA-7162-I-36	Monção	Impacto	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	6,42	370,30	56,80	26,45	29,42	0,16	6,44
MA-7162-I-37	Barreirinhas	Impacto	-2,96861	-42,9467	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	4,67	54,20	1,27	29,52	27,68	0,02	7,37
MA-7162-I-39	Primeira Cruz	Impacto	-2,50623	-43,4437	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	7,63	48932,00	55,91	28,73	27,98	34,62	5,65
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,60	248,60	59,22	25,95	26,31	0,11	6,25
MA-7162-I-42	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,66472	-45,8417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,21	461,60	137,91	26,56	28,03	0,17	6,03
MA-7162-I-9	Monção	Impacto	-3,58069	-45,35	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	7,11	325,70	19,47	28,01	25,86	0,14	0,54
MA-7162-R-10	Alto Alegre do Pindaré	Referência	-3,69376	-45,9937	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,37	374,30	53,21	26,16	27,52	0,16	6,83
MA-7164-I-1	Anapurus	Impacto	-3,68391	-43,1228	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	4,44	47,60	1,66	28,30	27,80	0,02	1,75
MA-7164-I-11	Mata Roma	Impacto	-3,56778	-43,3169	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,65	43,00	21,49	27,71	31,99	0,02	7,34
MA-7164-I-19	Cantanhede	Impacto	-3,62778	-44,3792	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,20	79,00	29,00	27,50	29,10	0,03	7,60
MA-7165-I-1	Bacabal	Impacto	-4,21944	-44,7653	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,73	71,70	35,92	27,03	30,19	0,03	7,38
MA-7181-I-1	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,37039	-44,3447	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,82	49,70	16,30	26,15	29,00	0,03	7,45
MA-7181-I-2	Santa Rita	Impacto	-3,15473	-44,2809	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	5,59	50,90	20,05	26,12	29,13	0,02	6,32
MA-7181-I-3	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,53386	-44,3959	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	7,26	49,40	25,15	28,70	29,60	0,02	7,29
MA-7191-IE-4	Rosário	impacto/Estratégico	-2,90911	-44,2429	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	8,29	2270,00	349,29	28,07	29,66	0,99	6,93
MA-7192-I-1	Nina Rodrigues	Impacto	-3,4646	-43,8931	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,65	43,50	7,09	27,24	29,00	0,02	7,20
MA-7192-I-10	Urbano Santos	Impacto	-3,20917	-43,4064	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,58	37,60	2,22	26,45	28,89	0,02	7,75
MA-7192-I-11	Urbano Santos	Impacto	-3,26938	-43,4234	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,52	42,30	2,41	25,06	28,95	0,02	7,51
MA-7192-I-13	Nina Rodrigues	Impacto	-3,45944	-43,8989	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,09	43,40	7,19	27,86	27,74	0,02	7,24
MA-7192-I-14	Nina Rodrigues	Impacto	-3,46504	-43,8158	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,82	40,00	6,69	25,89	28,84	0,02	7,30
MA-7192-I-15	Mata Roma	Impacto	-3,55988	-43,3481	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,65	43,00	22,10	24,24	31,40	0,02	7,42
MA-7192-I-16	Anapurus	Impacto	-3,62445	-43,1012	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	7,71	55,20	3,20	26,30	27,15	0,02	4,11
MA-7192-I-19	Presidente Juscelino	Impacto	-2,93507	-44,0652	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	5,12	37,21	15,90	27,67	29,77	0,11	7,60
MA-7192-I-6	Cachoeira Grande	Impacto	-2,92344	-44,0583	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	5,79	37,90	53,98	27,99	29,52	0,02	7,51
MA-7192-R-12	Chapadinha	Referência	-3,89733	-43,5476	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	4,10	95,50	0,00	27,09	28,04	0,04	0,75
MA-7193-IE-3	Humberto de Campos	Impacto/Estratégico	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	7,72	50017,10	96,72	26,86	28,43	32,65	5,64
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	Impacto	-2,58646	-43,4609	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	7,20	34133,10	68,08	25,60	28,41	21,53	4,15
MA-7194-R-3	Santo Amaro do Maranhão	Referência	-2,50494	-43,2533	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	8,55	46,40	1,37	25,70	28,20	0,02	7,91
MA-7195-R-3	Barreirinhas	Referência	-2,52733	-43,0466	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	5,46	33,10	0,47	25,72	27,89	0,01	7,24
MA-7196-I-1	Barreirinhas	Impacto	-2,75621	-42,8394	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,43	50,00	3,05	26,47	29,65	0,02	6,38
MA-7196-I-2	Barreirinhas	Impacto	-2,73291	-42,7827	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,59	48,40	3,04	26,87	29,66	0,02	7,48
MA-7196-I-5	Barreirinhas	Impacto	-2,786	-42,863	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	5,92	44,70	3,86	28,74	29,62	0,02	5,85
MA-7196-R-3	Barreirinhas	Referência	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	5,16	35,60	0,00	27,33	27,27	0,02	7,37
MA-7197-I-2	Paulino Neves	Impacto	-2,76957	-42,6302	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,52	5403,20	20,23	27,68	27,78	2,89	7,22
MA-7197-I-3	Paulino Neves	Impacto	-2,71543	-42,5319	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	6,88	7442,00	19,42	27,96	27,93	4,07	7,08
MAPI-7219-IE-8	Coelho Neto	Impacto/Estratégico	-4,28806	-42,9855	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,80	42,00	28,50	25,50	30,00	0,02	7,78

Tabela 2.20 - Análise do IQA4 para os Pontos da Campanha de Dezembro de 2017

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	CLASSIFICAÇÃO
MA-715-I-42	São Luís	-2,49122	-44,2588	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	66,26	RAZOÁVEL
MA-715-I-44	São Luís	-2,47785	-44,2104	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	76,23	BOA
MA-715-I-45	Paço do Lumiar	-2,47137	-44,1161	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	66,48	RAZOÁVEL
MA-7162-I-22	Alto Alegre do Pindaré	-3,67808	-45,8989	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	73,91	BOA
MA-7162-I-23	Paço do Lumiar	-2,51665	-44,073799	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	75,07	BOA
MA-7162-I-26	São Luís	-2,52398	-44,2791	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	72,19	BOA
MA-7162-I-28	São Luís	-2,56694	-44,284599	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	58,42	RAZOÁVEL
MA-7162-I-29	Pindaré-Mirim	-3,61172	-45,2954	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	77,02	BOA
MA-7162-I-30	São Luís	-2,65084	-44,214399	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	79,64	BOA
MA-7162-I-34	São Luís	-2,66724	-44,319699	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	59,23	
MA-7162-I-36	Monção	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	76,32	BOA
MA-7162-I-37	Barreirinhas	-2,96861	-42,9467	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	75,06	BOA
MA-7162-I-39	Primeira Cruz	-2,50623	-43,4437	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	76,47	BOA
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	74,83	BOA
MA-7162-I-42	Alto Alegre do Pindaré	-3,66472	-45,8417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	67,32	RAZOÁVEL
MA-7162-I-9	Monção	-3,58069	-45,35	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	56,25	RAZOÁVEL
MA-7162-R-10	Alto Alegre do Pindaré	-3,69376	-45,9937	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	76,97	BOA
MA-7164-I-1	Anapurus	-3,68391	-43,1228	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	44,59	RUIM
MA-7164-I-11	Mata Roma	-3,56778	-43,3169	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	77,54	BOA
MA-7164-I-19	Cantanhede	-3,62778	-44,3792	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	81,25	BOA
MA-7165-I-1	Bacabal	-4,21944	-44,7653	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	84,76	BOA
MA-7181-I-1	Itapecuru Mirim	-3,37039	-44,3447	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	88,31	BOA
MA-7181-I-2	Santa Rita	-3,15473	-44,2809	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	72,52	BOA
MA-7181-I-3	Itapecuru Mirim	-3,53386	-44,3959	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	88,62	BOA
MA-7191-IE-4	Rosário	-2,90911	-44,2429	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	74,44	BOA
MA-7192-I-1	Nina Rodrigues	-3,4646	-43,8931	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	79,45	BOA
MA-7192-I-10	Urbano Santos	-3,20917	-43,4064	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	81,64	BOA
MA-7192-I-11	Urbano Santos	-3,26938	-43,4234	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	80,66	BOA
MA-7192-I-13	Nina Rodrigues	-3,45944	-43,8989	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	74,84	BOA
MA-7192-I-14	Nina Rodrigues	-3,46504	-43,8158	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	81,31	BOA
MA-7192-I-15	Mata Roma	-3,55988	-43,3481	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	77,44	BOA
MA-7192-I-16	Anapurus	-3,62445	-43,1012	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	74,59	BOA
MA-7192-I-19	Presidente Juscelino	-2,93507	-44,0652	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	74,52	BOA
MA-7192-I-6	Cachoeira Grande	-2,92344	-44,0583	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	74,45	BOA
MA-7192-R-12	Chapadinha	-3,89733	-43,5476	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	42,36	RUIM
MA-7193-IE-3	Humberto de Campos	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	73,79	BOA
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	-2,58646	-43,4609	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	65,78	RAZOÁVEL
MA-7194-R-3	Santo Amaro do Maranhão	-2,50494	-43,2533	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	89,20	BOA
MA-7195-R-3	Barreirinhas	-2,52733	-43,0466	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	80,08	BOA
MA-7196-I-1	Barreirinhas	-2,75621	-42,8394	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	84,94	BOA
MA-7196-I-2	Barreirinhas	-2,73291	-42,7827	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	90,22	ÓTIMA
MA-7196-I-5	Barreirinhas	-2,786	-42,863	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	76,96	BOA
MA-7196-R-3	Barreirinhas	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	78,69	BOA
MA-7197-I-2	Paulino Neves	-2,76957	-42,6302	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	84,16	BOA
MA-7197-I-3	Paulino Neves	-2,71543	-42,5319	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	86,60	BOA
MAPI-7219-IE-8	Coelho Neto	-4,28806	-42,9855	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	86,81	BOA

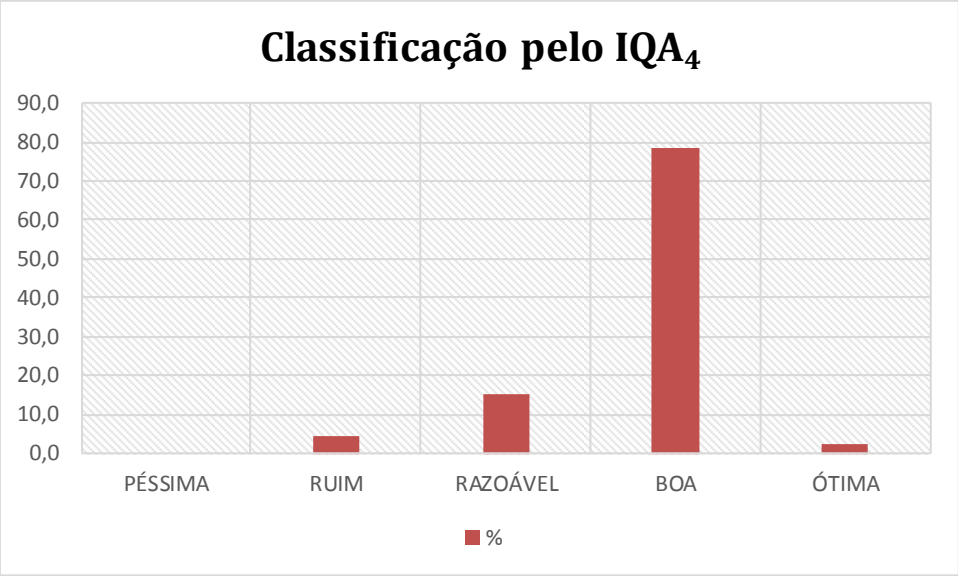


Figura 2.9 - Classificação da Qualidade da Água para Campanha de Dezembro de 2017

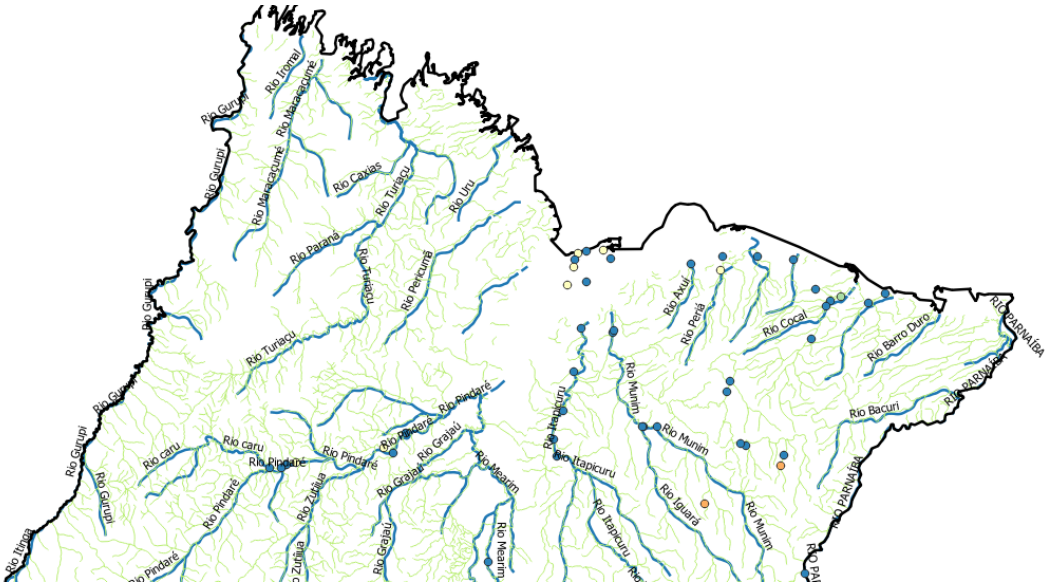


Figura 2.10 - Localização dos Pontos e Qualidade da Água para a Campanha de Dezembro de 2017

2.5.1.5. Campanha de Amostragem de Março e Abril de 2018

Nesta quinta campanha foram amostrados 54 pontos com dados completos para caracterização da qualidade da água dos corpos hídricos pelo IQA_4. A **Tabela 2.21** apresenta os pontos e parâmetros medidos. A **Tabela 2.22** apresenta a análise do IQA_4.

Tabela 2.21 - Resumo dos Pontos e Parâmetros Amostrados na Campanha de Março e Abril de 2018

Ponto	Município	Tipologia	LAT	LOG	Bacia	pH	Condutividade	Turbidez	Temp do ar	Temp da água	Salinidade	OD
MA-715-I-42	São Luís	Impacto	-2,49122	-44,2588	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	7,62	105,00		25,36	26,93	0,04	5,63
MA-715-I-44	São Luís	Impacto	-2,47785	-44,2104	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	5,60	183,00	136,11	26,24	27,66	0,08	6,15
MA-715-I-45	Paço do Lumiar	Impacto	-2,47137	-44,1161	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	5,94	1517,70	764,79	28,23	28,62	0,95	3,45
MA-7162-I-22	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,67808	-45,8989	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	4,58	196,80	48,80	27,65	29,00	0,09	5,00
MA-7162-I-23	Paço do Lumiar	Impacto	-2,51665	-44,073799	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	6,03	32540,80	45,09	25,94	30,31	20,42	4,49
MA-7162-I-26	São Luís	Impacto	-2,52398	-44,2791	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	5,34	29829,10	208,30	27,70	29,05	18,37	2,39
MA-7162-I-28	São Luís	Impacto	-2,56694	-44,284599	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	5,27	3150,80	323,63	23,36	29,59	1,63	5,20
MA-7162-I-29	Pindaré-Mirim	Impacto	-3,61172	-45,2954	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	4,95	181,00	12,12	28,76	33,20	0,07	4,16
MA-7162-I-30	São Luís	Impacto	-2,65084	-44,214399	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	7,48	11674,10	65,50	27,68	27,52	6,62	3,65
MA-7162-I-34	São Luís	Impacto	-2,66724	-44,319699	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	6,45	31490,10	28,50	27,08	29,28	19,32	5,82
MA-7162-I-36	Monção	Impacto	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	4,70	168,10	25,60	28,50	30,40	0,07	2,65
MA-7162-I-37	Barreirinhas	Impacto	-2,96861	-42,9467	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	2,80	59,40	8,65	26,80	27,90	0,02	5,50
MA-7162-I-39	Primeira Cruz	Impacto	-2,50623	-43,4437	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	5,90	17027,50	68,50	26,37	29,89	9,77	5,44
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	4,23	195,00	48,20	27,05	28,90	0,09	50,20
MA-7162-I-42	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,66472	-45,8417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	5,69	119,10	40,74	30,11	29,16	0,09	5,15
MA-7162-I-9	Monção	Impacto	-3,58069	-45,35	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	5,79	327,60	126,66	27,42	28,08	0,16	3,14
MA-7162-R-10	Alto Alegre do Pindaré	Referência	-3,69376	-45,9937	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	6,30	166,60	51,45	28,60	27,50	0,08	5,99
MA-7164-I-1	Anapurus	Impacto	-3,68391	-43,1228	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	4,90	38,70	18,18	24,11	26,02	0,02	3,02
MA-7164-I-11	Mata Roma	Impacto	-3,56778	-43,3169	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,30	49,80	38,39	25,30	28,42	0,02	6,76
MA-7164-I-19	Cantanhede	Impacto	-3,62778	-44,3792	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,54	58,10	64,26	26,36	27,00	0,02	5,64
MA-7165-I-1	Bacabal	Impacto	-4,21944	-44,7653	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	4,94	113,50	61,12	27,40	29,88	0,05	4,70
MA-7165-I-5	Bacabal	Impacto	-4,22611	-44,8372	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	4,23	220,90	14,88	29,60	30,15	0,90	1,00
MA-7181-I-1	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,37039	-44,3447	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,55	54,40	72,87	25,70	27,13	0,02	5,57
MA-7181-I-2	Santa Rita	Impacto	-3,15473	-44,2809	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	4,45	105,30	31,40	26,50	29,30	0,04	6,31
MA-7181-I-3	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,53386	-44,3959	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	6,55	55,40	67,45	25,02	26,97	0,02	5,66
MA-7182-I-1	Alto Alegre do Maranhão	Impacto	-4,2984	-44,4697	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	5,13	158,20	10,54	30,70	27,70	0,07	2,80
MA-7185-I-3	São Mateus do Maranhão	Impacto	-4,01806	-44,4417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	4,18	106,30	10,92	27,10	30,02	0,00	2,15
MA-7191-IE-4	Rosário	impacto/Estratégico	-2,90911	-44,2429	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	3,39	103,50	41,11	28,00	29,40	0,05	5,69
MA-7192-I-1	Nina Rodrigues	Impacto	-3,4646	-43,8931	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,02	35,60	40,83	25,86	27,20	0,02	3,22
MA-7192-I-10	Urbano Santos	Impacto	-3,20917	-43,4064	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	4,80	37,80	2,25	28,60	26,62	0,02	5,91
MA-7192-I-11	Urbano Santos	Impacto	-3,26938	-43,4234	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	4,94	42,20	6,55	25,97	26,66	0,02	5,17
MA-7192-I-13	Nina Rodrigues	Impacto	-3,45944	-43,8989	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,22	38,30	49,31	24,95	27,19	0,02	3,56
MA-7192-I-14	Nina Rodrigues	Impacto	-3,46504	-43,8158	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,03	44,90	37,20	24,50	28,64	0,02	4,49

Ponto	Município	Tipologia	LAT	LOG	Bacia	pH	Condutividade	Turbidez	Temp do ar	Temp da água	Salinidade	OD
MA-7192-I-15	Mata Roma	Impacto	-3,55988	-43,3481	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,46	55,70	39,08	25,01	28,23	0,02	6,59
MA-7192-I-16	Anapurus	Impacto	-3,62445	-43,1012	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,44	46,30	22,56	22,36	27,38	0,02	5,11
MA-7192-I-17	Vargem Grande	Impacto	-3,58056	-43,6972	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,10	49,90	36,15	24,55	27,19	0,02	3,74
MA-7192-I-18	Vargem Grande	Impacto	-3,55361	-43,8736	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,97	43,30	38,70	25,63	26,61	0,00	3,96
MA-7192-I-19	Presidente Juscelino	Impacto	-2,93507	-44,0652	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	4,15	57,40	25,57	27,20	28,85	0,02	4,67
MA-7192-I-3	Mata Roma	Impacto	-3,57498	-43,3835	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,66	77,30	23,88	25,79	26,40	0,03	6,71
MA-7192-I-6	Cachoeira Grande	Impacto	-2,92344	-44,0583	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	3,90	56,70	30,48	27,47	28,96	0,02	4,82
MA-7192-I-9	Chapadinha	Impacto	-3,71773	-43,3461	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,48	46,00	73,24	24,66	27,58	0,02	3,69
MA-7192-R-12	Chapadinha	Referência	-3,89733	-43,5476	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	5,77	53,20	1,97	24,34	25,31	0,03	0,90
MA-7193-IE-3	Humberto de Campos	Impacto/Estratégico	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	5,90	40,07	27,60	25,90	28,32	23,65	3,68
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	Impacto	-2,58646	-43,4609	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	6,70	14665,00	186,92	27,28	28,54	8,39	3,32
MA-7194-R-3	Santo Amaro do Maranhão	Referência	-2,50494	-43,2533	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	3,50	63,40	5,40	29,00	31,13	0,03	6,77
MA-7195-R-3	Barreirinhas	Referência	-2,52733	-43,0466	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	1,13	46,70	38,42	26,77	27,28	0,02	4,21
MA-7196-I-1	Barreirinhas	Impacto	-2,75621	-42,8394	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	3,77	60,60	8,98	26,90	29,15	0,02	4,46
MA-7196-I-2	Barreirinhas	Impacto	-2,73291	-42,7827	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	3,55	65,20	9,08	26,90	29,20	0,03	5,70
MA-7196-I-5	Barreirinhas	Impacto	-2,786	-42,863	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	3,42	56,00	11,30	26,40	29,09	0,02	4,94
MA-7196-R-3	Barreirinhas	Referência	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	1,93	188,50	4,44	26,40	28,50	0,08	2,46
MA-7197-I-2	Paulino Neves	Impacto	-2,76957	-42,6302	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	5,50	3023,20	2,05	25,70	29,28	1,54	3,60
MA-7197-I-3	Paulino Neves	Impacto	-2,71543	-42,5319	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	5,40	490,80	17,55	28,26	31,26	0,21	6,57
MA-7285-I-2	Coelho Neto	Impacto	-4,16694	-43,2239	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,23	75,40	19,88	27,29	28,22	0,03	3,89
MAPI-7219-IE-8	Coelho Neto	Impacto/Estratégico	-4,28806	-42,9855	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	6,97	57,20	61,22	25,01	29,01	0,03	6,21

Tabela 2.22 - Análise do IQA4 para os Pontos da Campanha de Março e Abril de 2018

PONTO	MUNICÍPIO	TIPOLOGIA	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	CLASSIFICAÇÃO
MA-715-I-42	São Luís	Impacto	-2,49122	-44,2588	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	69,64	RAZOÁVEL
MA-715-I-44	São Luís	Impacto	-2,47785	-44,2104	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	62,22	RAZOÁVEL
MA-715-I-45	Paço do Lumiar	Impacto	-2,47137	-44,1161	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	46,98	RUIM
MA-7162-I-22	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,67808	-45,8989	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	54,26	RAZOÁVEL
MA-7162-I-23	Paço do Lumiar	Impacto	-2,51665	-44,073799	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	62,23	RAZOÁVEL
MA-7162-I-26	São Luís	Impacto	-2,52398	-44,2791	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	37,46	RUIM
MA-7162-I-28	São Luís	Impacto	-2,56694	-44,284599	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	53,16	RAZOÁVEL
MA-7162-I-29	Pindaré-Mirim	Impacto	-3,61172	-45,2954	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	57,93	RAZOÁVEL
MA-7162-I-30	São Luís	Impacto	-2,65084	-44,214399	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	63,03	RAZOÁVEL
MA-7162-I-34	São Luís	Impacto	-2,66724	-44,319699	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	76,33	BOA
MA-7162-I-36	Monção	Impacto	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	44,00	RUIM
MA-7162-I-37	Barreirinhas	Impacto	-2,96861	-42,9467	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	60,18	RAZOÁVEL
MA-7162-I-39	Primeira Cruz	Impacto	-2,50623	-43,4437	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	65,05	RAZOÁVEL
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	29,88	RUIM
MA-7162-I-42	Alto Alegre do Pindaré	Impacto	-3,66472	-45,8417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	63,37	RAZOÁVEL
MA-7162-I-9	Monção	Impacto	-3,58069	-45,35	Bacia Hidrográficas do Rio Pindaré	46,00	RUIM
MA-7162-R-10	Alto Alegre do Pindaré	Referência	-3,69376	-45,9937	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	72,15	BOA
MA-7164-I-1	Anapurus	Impacto	-3,68391	-43,1228	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	46,97	RUIM
MA-7164-I-11	Mata Roma	Impacto	-3,56778	-43,3169	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	69,26	RAZOÁVEL
MA-7164-I-19	Cantanhede	Impacto	-3,62778	-44,3792	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	70,77	BOA
MA-7165-I-1	Bacabal	Impacto	-4,21944	-44,7653	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	53,34	RAZOÁVEL
MA-7165-I-5	Bacabal	Impacto	-4,22611	-44,8372	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	38,31	RUIM
MA-7181-I-1	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,37039	-44,3447	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	69,87	RAZOÁVEL
MA-7181-I-2	Santa Rita	Impacto	-3,15473	-44,2809	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	64,00	RAZOÁVEL
MA-7181-I-3	Itapecuru Mirim	Impacto	-3,53386	-44,3959	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	70,71	BOA
MA-7182-I-1	Alto Alegre do Maranhão	Impacto	-4,2984	-44,4697	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	49,32	RUIM
MA-7185-I-3	São Mateus do Maranhão	Impacto	-4,01806	-44,4417	Bacia Hidrográficas do Rio Mearim	42,70	RUIM
MA-7191-IE-4	Rosário	impacto/Estratégico	-2,90911	-44,2429	Bacia Hidrográficas do Rio Itapecuru	57,21	RAZOÁVEL
MA-7192-I-1	Nina Rodrigues	Impacto	-3,4646	-43,8931	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	53,65	RAZOÁVEL
MA-7192-I-10	Urbano Santos	Impacto	-3,20917	-43,4064	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	67,80	RAZOÁVEL
MA-7192-I-11	Urbano Santos	Impacto	-3,26938	-43,4234	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	62,52	RAZOÁVEL

PONTO	MUNICÍPIO	TIPOLOGIA	LAT	LOG	BACIA	IQA_4	CLASSIFICAÇÃO
MA-7192-I-13	Nina Rodrigues	Impacto	-3,45944	-43,8989	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	56,43	RAZOÁVEL
MA-7192-I-14	Nina Rodrigues	Impacto	-3,46504	-43,8158	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	62,27	RAZOÁVEL
MA-7192-I-15	Mata Roma	Impacto	-3,55988	-43,3481	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	69,51	RAZOÁVEL
MA-7192-I-16	Anapurus	Impacto	-3,62445	-43,1012	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	62,51	RAZOÁVEL
MA-7192-I-17	Vargem Grande	Impacto	-3,58056	-43,6972	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	57,79	RAZOÁVEL
MA-7192-I-18	Vargem Grande	Impacto	-3,55361	-43,8736	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	57,28	RAZOÁVEL
MA-7192-I-19	Presidente Juscelino	Impacto	-2,93507	-44,0652	Bacia Hidrográficas do Rio Munin	53,53	RAZOÁVEL
MA-7192-I-3	Mata Roma	Impacto	-3,57498	-43,3835	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	72,83	BOA
MA-7192-I-6	Cachoeira Grande	Impacto	-2,92344	-44,0583	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	53,32	RAZOÁVEL
MA-7192-I-9	Chapadinha	Impacto	-3,71773	-43,3461	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	48,65	RUIM
MA-7192-R-12	Chapadinha	Referência	-3,89733	-43,5476	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	50,50	RAZOÁVEL
MA-7193-IE-3	Humberto de Campos	Impacto/Estratégico	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	57,16	RAZOÁVEL
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	Impacto	-2,58646	-43,4609	Bacia Hidrográficas do Rio Periá	54,07	RAZOÁVEL
MA-7194-R-3	Santo Amaro do Maranhão	Referência	-2,50494	-43,2533	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	70,10	BOA
MA-7195-R-3	Barreirinhas	Referência	-2,52733	-43,0466	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	46,28	RUIM
MA-7196-I-1	Barreirinhas	Impacto	-2,75621	-42,8394	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	54,81	RAZOÁVEL
MA-7196-I-2	Barreirinhas	Impacto	-2,73291	-42,7827	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	62,63	RAZOÁVEL
MA-7196-I-5	Barreirinhas	Impacto	-2,786	-42,863	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	56,98	RAZOÁVEL
MA-7196-R-3	Barreirinhas	Referência	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	43,71	RUIM
MA-7197-I-2	Paulino Neves	Impacto	-2,76957	-42,6302	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	59,29	RAZOÁVEL
MA-7197-I-3	Paulino Neves	Impacto	-2,71543	-42,5319	Bacia Hidrográficas do Rio Preguiças	73,74	BOA
MA-7285-I-2	Coelho Neto	Impacto	-4,16694	-43,2239	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	62,75	RAZOÁVEL
MAPI-7219-IE-8	Coelho Neto	Impacto/Estratégico	-4,28806	-42,9855	Bacia Hidrográficas do Rio do Munin	78,65	BOA

Conforme se pode observar na **Tabela 2.22**, na campanha de março e abril de 2018 não houve ponto com água classificada como péssima pelo IQA_4. Houve 12 pontos ruins (22%), 63% na classificação de razoável, 15% em boa qualidade e nenhum ponto classificado como de ótima qualidade. A **Figura 2.11** apresenta o histograma de qualidade de água.

A amostragem foi realizada na região mais norte-nordeste do estado, entre o litoral e a latitude de 4º 30”. A **Figura 2.12** mostra a localização dos pontos amostrados.

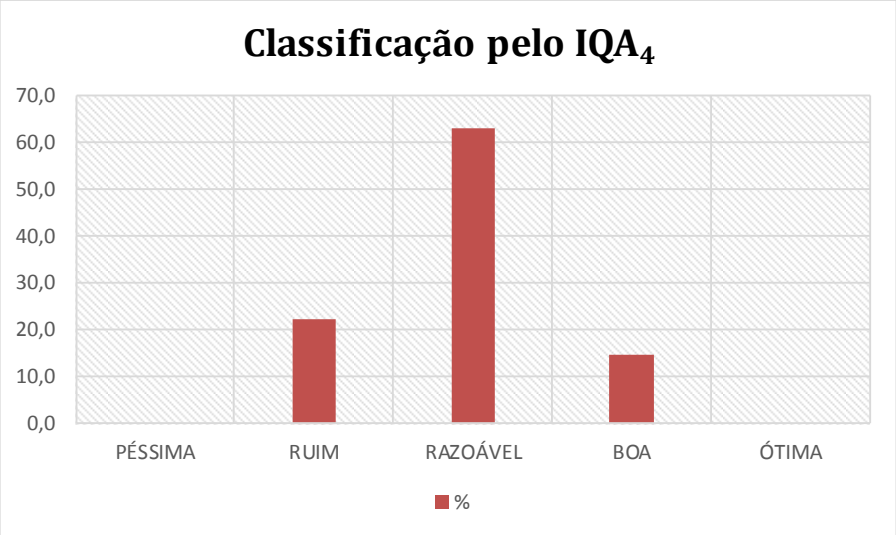


Figura 2.11 - Classificação da Qualidade da Água para Campanha de Março e Abril de 2018

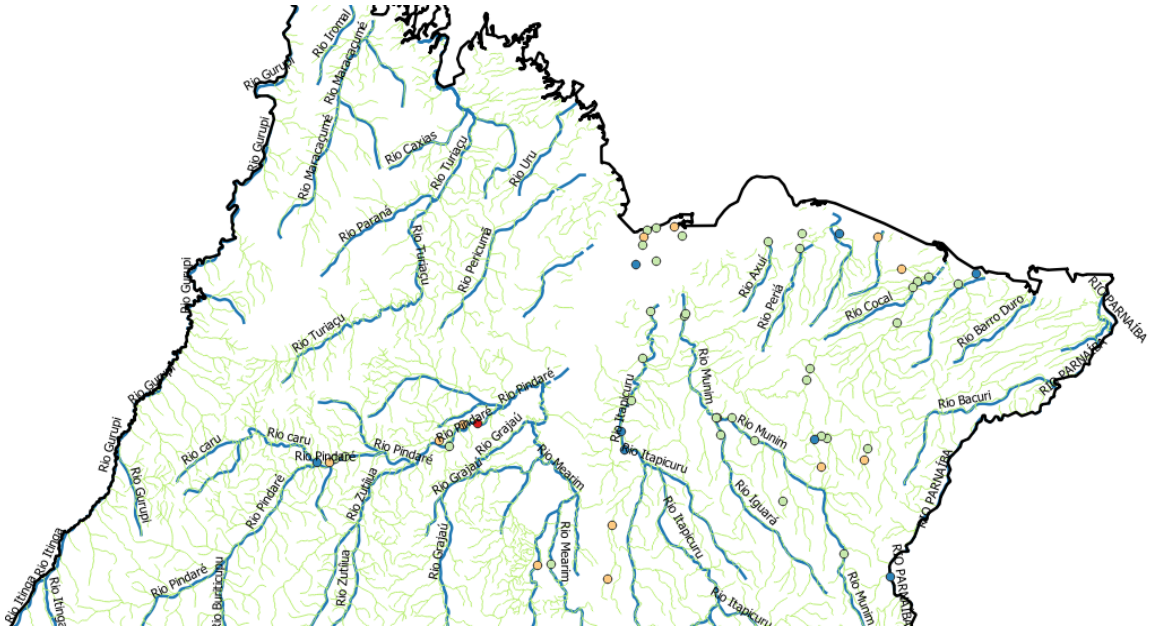


Figura 2.12 - Localização dos Pontos e Qualidade da Água para a Campanha de Março e Abril de 2018

2.5.2. Análise dos Pontos com Qualidade de Água Péssima ou Ruim

Nas cinco campanhas de amostragem da qualidade da água dos corpos hídricos maranhenses nas quais foram medidos parâmetros que permitiram aplicar o índice IQA_4, nenhum ponto foi identificado com qualidade "péssima". A **Tabela 2.23** apresenta o sumário dos pontos que apresentaram pelo menos uma amostragem classificada como água de qualidade ruim, a data da campanha e o IQA_4 resultante em cada campanha.

Na **Tabela 2.23** adotou-se a seguinte convenção de cores no preenchimento das células de IQA_4:

- Vermelho – água de qualidade ruim;
- Laranja – água de qualidade razoável;
- Verde – água de qualidade boa.

Foram 23 pontos amostrados pelo menos uma vez com qualidade de água ruim em 18 municípios: Anapurus; Primeira Cruz, Arari, Cajari, Humberto de Campos; Alcântara; Bequimão; Pinheiro; Bacuri; São Luís; Chapadinha; Paço do Lumiar; Monção; Alto Alegre do Pindaré; Bacabal; Alto Alegre do Maranhão; São Mateus do Maranhão; e, Barreirinhas.

As nove bacias hidrográficas que apresentaram pelo menos uma amostragem com qualidade de água ruim foram:

- Bacia hidrográfica do Rio Munin;
- Bacia hidrográfica do Rio Periá;
- Sistema hidrográfico do Litoral Ocidental;
- Sistema hidrográfico Ilhas Maranhenses;
- Bacia hidrográfica do Rio Pindaré;
- Bacia hidrográfica do Rio Mearim;
- Bacia hidrográfica do Rio Itapecuru;
- Bacia hidrográfica do Rio Parnaíba;
- Bacia hidrográfica do Rio Preguiças.

Tabela 2.23 - Pontos com Qualidade de Água Classificada como Ruim em Pelo Menos 1 Amostragem

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LONG	BACIA	IQA_4				
					MAR-MAI 2017	JUN-JUL 2017	SET 2017	DEZ 2017	MAR -ABR 2018
MA-7164-I-1	Anapurus	-3,68391	-43,1228	Bacia Hidrográfica do Rio Munin	45,4	44,48	44,88	44,59	46,97
MA-7194-I-1	Primeira Cruz'	-2,54337	-43,4164	Bacia Hidrográfica do Rio Periá	45,52	55,01	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-7162-I-31	Monção	-3,48922	-45,1496	Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré	48,39	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-7163-I-2	Arari	-3,40186	-44,8151	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	42,84	64,96	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-7162-I-1	Cajari	-3,29337	-44,88909	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	49,62	78,48	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográfica do Rio Periá	56,28	49,86	71,83	65,78	54,07
MA-715-I-33	Alcântara	-2,38999	-44,5183	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	82,09	44,91	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-715-I-11	Bequimão	-2,31633	-44,8388	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	59,8	42,63	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-715-I-6	Pinheiro	-2,45589	-45,0074	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	74,01	48,75	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-715-R-27	Bacuri	-1,63846	-44,9114	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	54,84	42,23	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-715-I-42	São Luís	-2,49122	-44,2588	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	62,19	Sem Inform	45,09	66,26	69,64
MA-7192-R-12	Chapadinha	-3,89733	-43,5476	Bacia Hidrográfica do Rio Periá	67,14	51,51	63,12	42,36	50,5
MA-715-I-45	Paço do Lumiar	-2,47137	-44,1161	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	73,17	Sem Inform	73,75	66,48	46,98
MA-7162-I-26	São Luís	-2,52398	-44,2791	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	67,18	Sem Inform	80,76	72,19	37,46
MA-7162-I-36	Monção	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré	53,62	74,39	73,82	76,32	44,00
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	74,08	79,13	73,34	74,83	29,88
MA-7162-I-9	Monção	-3,58069	-45,3500	Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré	56,63	78,87	Sem Inform	56,25	46,00
MA-7165-I-5	Bacabal	-4,22611	-44,8372	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	74,9	59,36	82,31	Sem Inform	38,31
MA-7182-I-1	Alto Alegre do Maranhão	-4,29840	-44,4697	Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru	71,11	75,73	Sem Inform	Sem Inform	49,32
MA-7185-I-3	São Mateus do Maranhão	-4,01806	-44,4417	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	67,63	Sem Inform	80,06	Sem Inform	42,70
MA-7192-I-9	Chapadinha	-3,71773	-43,3461	Bacia Hidrográfica do Rio Munin	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform	48,65
MA-7195-R-3	Barreirinhas	-2,52733	-43,0466	Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças	Sem Inform	Sem Inform	60,64	80,08	46,28
MA-7196-R-3	Barreirinhas	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças	54,78	79,20	76,06	78,69	43,71

A **Tabela 2.23** mostra que há nitidamente uma sazonalidade de águas de pior qualidade amostradas durante os meses de março e abril/2018, enquanto a qualidade da água melhora no segundo semestre, mesmo para aqueles pontos em que foram detectadas águas de pior qualidade.

A **Figura 2.13** mostra a localização dos pontos da **Tabela 2.23**.

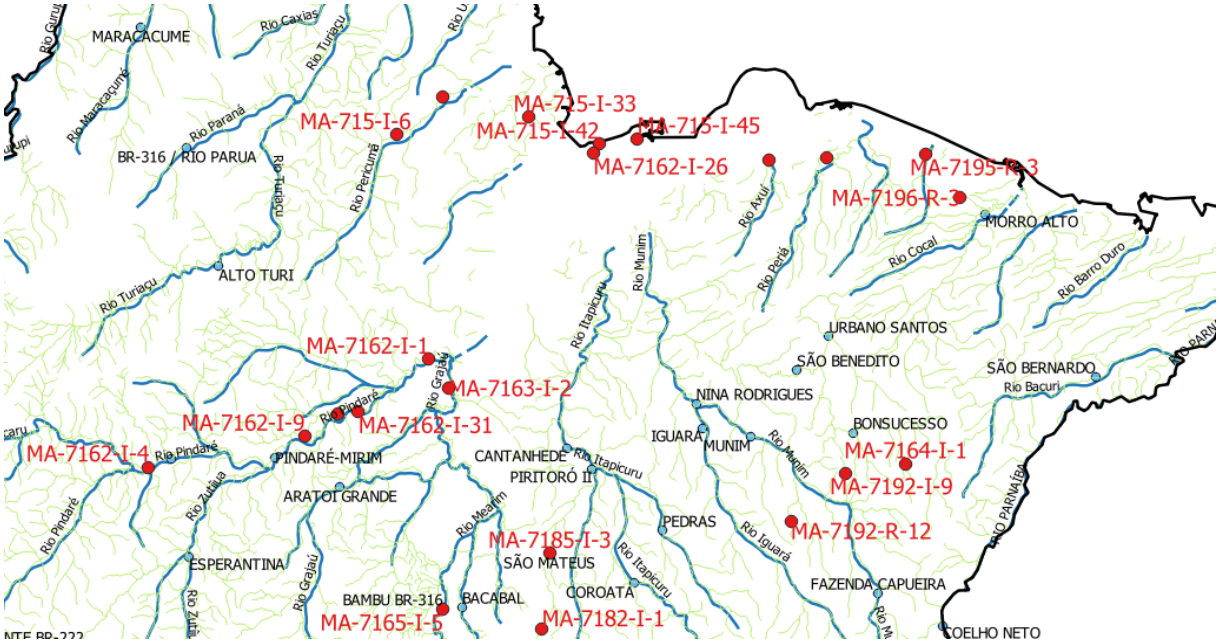


Figura 2.13 - Localização dos Pontos com pelo menos 1 Amostra de Água Classificada como Ruim

Análise dos pontos da **Tabela 2.23** por município amostrado.

2.5.2.1. Anapurus – Bacia do Rio Munin: Ponto MA-7164-I-1

De acordo com os dados da **Tabela 2.23**, em Anapurus foi amostrado como água de qualidade ruim o ponto MA-7164-I-1 que é o de pior qualidade dentre todos aqueles amostrados durante as cinco campanhas do REMQAS, entre 2017 e 2018.

A qualidade da água coletada foi classificada como ruim em todas as campanhas de medição.

O ponto MA-7164-I-1 fica localizado no município de Anapurus, num afluente do rio Preto, pertencente à bacia hidrográfica do rio Munin.

O ponto de coleta se situa 53,8 km a montante da estação fluviométrica Bonsucesso (33750000), situada no rio Preto. A **Figura 2.14** mostra a localização do ponto de coleta.



Figura 2.14 - Localização do Ponto MA-7164-I-1: Anapurus, Bacia do Munin

O ponto fica adjacente a uma estrutura não identificada que aparenta ser uma lagoa de estabilização para tratamento de efluentes. Esta talvez seja a razão para que a qualidade da água amostrada seja classificada sempre como ruim. Neste ponto a taxa de Oxigênio Dissolvido (OD) foi sempre muito baixa em todas as coletas, e o pH da água também revela qualidade ácida. A **Tabela 2.24** resume os parâmetros medidos no ponto, inclusive nas duas campanhas do ano de 2013, na qual não foi medida a turbidez para permitir a classificação pelo IQA_4.

Tabela 2.24 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7164-I-1

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	5,52	Não medida	28,6	3,7	Não possível
Dez-2013	4,85	Não medida	28,0	2,4	Não possível
Mar-Mai-2017	4,98	22,40	26,5	2,7	Ruim
Jun-Jul-2017	4,92	8,62	26,5	1,8	Ruim
Set-2017	4,97	5,43	29,1	1,4	Ruim
Dez-2017	7,43	28,56	30,8	1,7	Ruim
Mar-Abr-2018	4,90	18,18	26,0	3,0	Ruim

Pode-se observar então, pela **Tabela 2.24** que a baixa concentração de OD e o pH predominantemente baixo, revelam que a água coletada neste ponto sofre poluição de natureza orgânica ou industrial. É provável que haja acionamento de *by-pass* na aparente estação de tratamento de esgoto adjacente ao ponto de coleta.

2.5.2.2. Primeira Cruz - Bacia do Rio Periá: Ponto MA-7194-I-1

No município de Primeira Cruz, foi amostrado como água de qualidade ruim somente o ponto MA-7194-I-1 que fica localizado no rio Grande, na bacia do rio Periá, cerca de 6,66 km a jusante da cidade de Caeté, vide **Figura 2.15.**



Figura 2.15 - Ponto MA-7194-I-1: Primeira Cruz, Bacia do Periá

O ponto MA-7194-I-1 foi amostrado em todos os parâmetros para composição do IQA_4 apenas nas campanhas de Março/Maio/2017 e Junho/Julho/2017. A **Tabela 2.25** resume os parâmetros medidos no ponto.

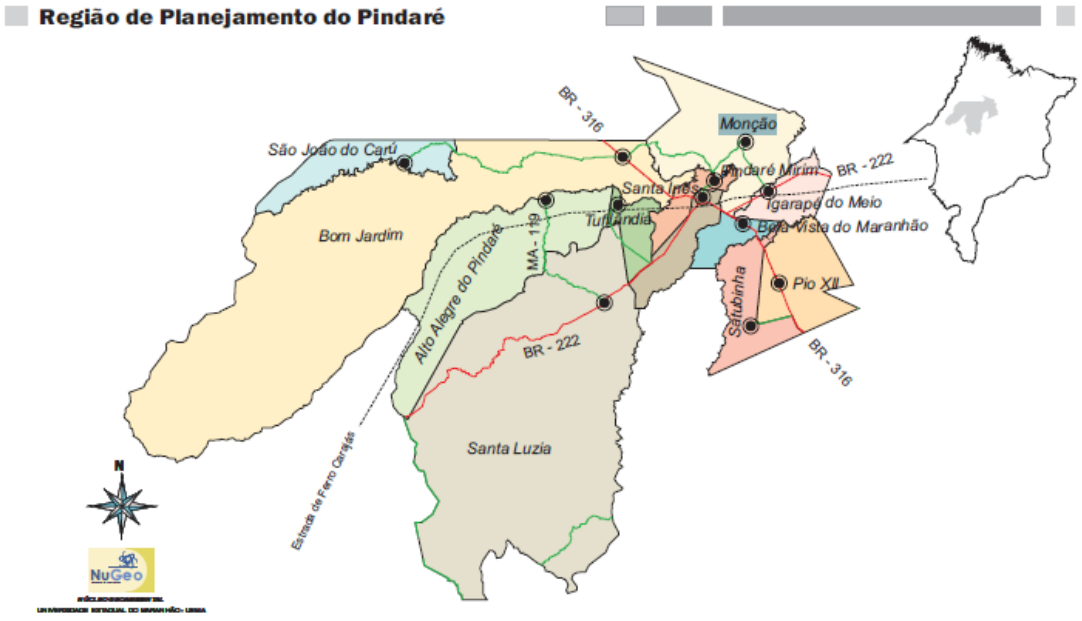
Tabela 2.25 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7194-I-1

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	6,22	227,09	27,61	2,56	Ruim
Jun-Jul-2017	6,5	102,15	28,5	3,4	Razoável
Set-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Abr-2018	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível

Conforme se pode observar na **Tabela 2.25**, quando a turbidez se reduz e a concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) aumenta, melhora a qualidade da água no ponto. A elevada turbidez pode ser justificada pela proximidade da foz do rio, provavelmente sofrendo influência da maré, e o baixo teor de OD pode ser em virtude de lançamento de efluentes desde Caeté.

2.5.2.3. Monção Bacia do Rio Pindaré:Pontos MA-7162-I-31; MA-7162-I-36 e MA-7162-I-9

O município de Monção está estrategicamente bem situado na bacia do rio Pindaré, sofrendo influência direta dos municípios de Santa Luzia e Santa Inês, no entroncamento das BR-222 e BR-316. **Figura 2.16** do Mapa das Regiões de Planejamento do Estado do Maranhão – Região do Pindaré.



Fonte: Governo do Estado do Maranhão (2007); IBGE (2001) e Mapa Rodoviário do Maranhão (2006).

Figura 2.16 - Região de Planejamento do Pindaré

No município de Monção foram identificados 3 pontos com pelo menos uma amostragem da qualidade da água classificada como ruim: pontos MA-7162-I-31; MA-7162-I-36 e MA-7162-I-9. A **Figura 2.17** apresenta a localização destes pontos em mapa Google Earth.



Figura 2.17 - Localização dos Pontos em Monção, Bacia do Pindaré

O ponto MA-7162-I-9 é o ponto mais a montante, localizando-se cerca de 2,6 km a montante da cidade de Pindaré Mirim. A **Tabela 2.26** apresenta os parâmetros medidos no ponto.

Tabela 2.26 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7162-I-9

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	5,78	20,94	29,48	3,52	Razoável
Jun-Jul-2017	6,57	47,04	29,3	6,52	Boa
Set-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2017	7,11	19,47	25,86	0,54	Razoável
Mar-Abr-2018	5,48	73,24	27,58	3,69	Ruim

Analisando a **Tabela 2.26**, verifica-se que a classificação "ruim" foi provavelmente devido ao abaixamento do pH e elevada turbidez no período da campanha de Março/Abril/2018. Nas demais campanhas a água no ponto MA-7162-I-9 classifica-se entre razoável a boa.

O ponto MA-7162-I-36 localiza-se 5 km a jusante da ponte da cidade de Monção sobre o rio Pindaré na rodovia MA-342. A **Tabela 2.27** apresenta os parâmetros medidos no ponto.

Tabela 2.27 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7162-I-36

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	5,86	22,03	29,87	2,85	Razoável
Jun-Jul-2017	6,6	75,12	28,8	6,11	Boa
Set-2017	6,26	83,83	32,33	6,31	Boa
Dez-2017	6,42	56,8	29,4	6,44	Boa
Mar-Abr-2018	4,7	25,6	30,4	2,65	Ruim

Tal como pode ser observado na **Tabela 2.27**, o ponto MA-7162-I-36 apresentou boa qualidade de água a maior parte do tempo entre junho e dezembro, porém, piora no primeiro semestre de cada ano. A qualidade ruim observada em Março/Abril/2018 deveu-se a um abaixamento do pH e uma redução substancial do teor de OD, em torno de 40% dos valores medidos entre junho a dezembro.

O ponto MA-7162-I-31 fica localizado 19 km a jusante do ponto MA-7162-I-36, numa zona rural próximo da localidade de Barradas. Este ponto só foi amostrado 1 vez na campanha de

Março/Maio/2017, com resultado de água de qualidade ruim. Não houve medições posteriores. A proximidade do ponto com um aparente empreendimento agropecuário, sugere a causa da qualidade ruim verificada.

2.5.2.4. Arari, bacia do Rio Mearim: Ponto MA-7163-2

No município de Arari somente foi identificado com água de qualidade ruim, o ponto MA-7163-I-2, localizado no rio Mearim, 20 km a jusante da cidade de Arari, **Figura 2.18.**



Figura 2.18 - Arari, bacia do Rio Mearim: Ponto MA-7163-I-2

A **Tabela 2.28** mostra os parâmetros do ponto nas duas campanhas de amostragem em que foram coletados dados.

Tabela 2.28 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7163-I-2

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	6,3	101,5	29,10	0,50	Ruim
Jun-Jul-2017	6,65	16,2	29,6	2,4	Razoável
Set-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Abr-2018	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível

O ponto é próximo ou influenciado pela região estuarina do rio Mearim. De qualquer forma, a baixa qualidade da água deve ser melhor investigada.

2.5.2.5. Cajari, bacia do Rio Pindaré/Mearim: Ponto MA-7162-I-1

O ponto MA-7162-I-1 fica localizado no rio Pindaré, afluente do rio Mearim, a 27 km a jusante da cidade de Cajari. A **Figura 2.19** mostra a localização do ponto.



Figura 2.19 - Cajari, bacia do Pindaré/Mearim, Ponto MA-7162-I-1

A **Tabela 2.29** mostra os parâmetros do ponto que foram amostrados nas campanhas.

Tabela 2.29 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7162-I-1

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	6,3	50,43	29,70	1,80	Ruim
Jun-Jul-2017	6,6	83,57	30,32	6,94	Boa
Set-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Abr-2018	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível

2.5.2.6. Humberto de Campos, bacia do Rio Periá: Ponto: MA-7194-I-2

O ponto MA-7194-I-2 fica localizado no rio Mapari, afluente do Rio Periá, que drena diretamente para a Baía do Tuburão. A **Figura 2.20** mostra a localização do ponto. A **Tabela 2.30** apresenta os parâmetros medidos nas campanhas do REMQAS.



Figura 2.20 - Humberto de Campos, bacia do Periá, Ponto MA-7194-I-2

Tabela 2.30 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7194-I-2

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	5,88	120,05	26,97	4,78	Razoável
Jun-Jul-2017	5,93	212,3	28,55	3,84	Ruim
Set-2017	7,19	25,07	28,6	4,36	Boa
Dez-2017	7,2	68,08	28,4	4,15	Razoável
Mar-Abr-2018	6,7	186,92	28,5	3,32	Razoável

A **Tabela 2.30** mostra que a avaliação ruim da qualidade da água ocorreu na campanha em que a turbidez se tornou muito elevada, o pH diminuiu, bem como o teor de OD. Na maior parte das campanhas predominou qualidade de água razoável e boa.

2.5.2.7. Alcântara, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental: Ponto MA-715-I-33

O ponto MA-715-I-33 localiza-se no rio Salgado, no Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental. A **Figura 2.21** mostra a localização do ponto. A **Tabela 2.31** apresenta os parâmetros medidos em cada campanha.



Figura 2.21 - Alcântara, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental, Ponto MA-715-I-33

Tabela 2.31 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-I-33

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	7,7	20,5	30,4	5,63	Boa
Jun-Jul-2017	7,13	403,57	29,96	0,00	Ruim
Set-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Abr-2018	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível

De acordo com a **Tabela 2.31**, só foram feitas duas campanhas de amostragem neste ponto, resultando numa classificação de água de boa qualidade em Março/Maio/2017 e, em seguida, em Junho/Julho/2017, a classificação foi ruim, devido à elevada turbidez e à ausência de OD.

2.5.2.8. Bequimão, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental: Ponto MA-715-I-11

O ponto MA-715-I-11 localiza-se no rio Pericumã, que flui diretamente para a Baía do Cumã. A **Figura 2.22** mostra a localização do ponto. A **Tabela 2.32** apresenta os parâmetros medidos nas campanhas de amostragem.



Figura 2.22 - Bequimão, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental, Ponto MA-715-I-11

Tabela 2.32 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-I-11

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	7,21	95,86	26,6	3,53	Razoável
Jun-Jul-2017	6,0	105,1	29,26	1,63	Ruim
Set-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Abr-2018	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível

Verifica-se na **Tabela 2.32** que há presença de elevada turbidez e baixa concentração de OD no ponto nas duas campanhas de medição.

2.5.2.9. Pinheiro, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental: Ponto MA-715-I-6

O ponto MA-715-I-6 fica localizado no rio Pericumã, que flui diretamente para a Baía do Cumã. A **Figura 2.23** mostra a localização do ponto. A **Tabela 2.33** apresenta os parâmetros medidos nas campanhas de amostragem.



Figura 2.23 - Pinheiro, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental, Ponto MA-715-I-6

Tabela 2.33 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-I-6

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	5,56	40,1	29,8	7,54	Boa
Jun-Jul-2017	5,45	11,46	28,71	2,13	Ruim
Set-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Abr-2018	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível

A drástica queda do teor de OD , o aumento de turbidez e a redução de pH motivou a mudança da classificação de boa para ruim entre as campanhas de medição de Março/Maio/2017 para Junho/Julho/2017 no ponto MA-715-I-6.

2.5.2.10. Bacuri, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental: Ponto MA-715-R-27

A **Figura 2.24** mostra a localização do Ponto MA-715-R-27 no Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental. A **Tabela 2.34** apresenta os parâmetros medidos nas campanhas.



Figura 2.24 - Bacuri, Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental, Ponto MA-715-R-27

Tabela 2.34 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-R-27

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	7,85	250,8	29,12	3,1	Razoável
Jun-Jul-2017	4,51	1,09	25,76	0,60	Ruim
Set-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Abr-2018	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível

O baixíssimo teor de OD na campanha de Junho/Julho/2017 aliado à redução do pH acarretou a classificação ruim da qualidade da água nesta campanha.

2.5.2.11. São Luís, Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses: Pontos MA-715-I-42 e MA-7162-I-26

Na capital do estado do Maranhão, São Luís, foram identificados dois pontos com qualidade de água ruim em pelo menos uma campanha de amostragem. A **Figura 2.25** mostra a localização dos pontos. As **Tabelas 2.35** e **2.36.**



Figura 2.25 - São Luís, Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses, Pontos MA-715-I-42 e MA-7162-I-26

Tabela 2.35 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-I-42

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	7,0	0	26,30	0,84	Razoável
Jun-Jul-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Set-2017	7,2	0	29,15	0	Ruim
Dez-2017	7,04	0	34	4,64	Razoável
Mar-Abr-2018	7,62	0	26,93	5,63	Razoável

Tabela 2.36 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7162-I-26

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	7,5	51,5	29,04	4,04	Razoável
Jun-Jul-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Set-2017	7,93	52,08	29,8	6,34	Boa
Dez-2017	7,59	97,76	27,9	5,4	Boa
Mar-Abr-2018	5,34	208,3	29,04	2,39	Ruim

Observa-se nas duas tabelas que quando o teor de OD decresce muito, piora significativamente a qualidade da água em ambos os pontos. O Ponto MA-715-I-42 talvez devido ao fato de ser localizado num igarapé (riacho) urbano, tem uma tendência a ter água de qualidade entre razoável a ruim. No outro ponto, aparentemente há um comportamento sazonal da qualidade da água.

2.5.2.12. Chapadinha, bacia do Rio Periá: Pontos MA-7192-R-12 e MA-7192-I-9

O Ponto MA-7192-R-12 fica localizado num afluente do riacho do Fole, enquanto que o Ponto MA-7192-I-9 fica localizado num afluente do rio Preto, na bacia do rio Periá. A **Figura 2.26** mostra a localização dos pontos. As **Tabelas 2.37** e **2.38** apresentam os parâmetros amostrados.

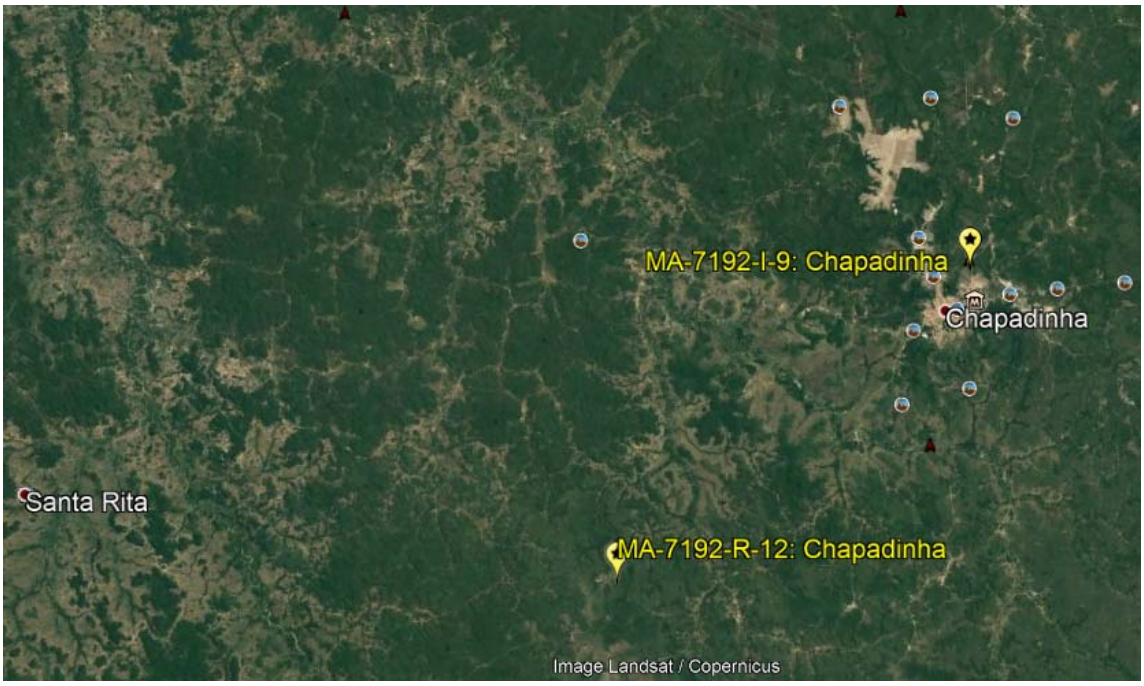


Figura 2.26 - Chapadinha, bacia do Rio Periá, Pontos MA-7192-R-12 e MA-7192-I-9

Tabela 2.37 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7192-R-12

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	5	6,39	25,45	5,98	Razoável
Jun-Jul-2017	5,55	3,19	25,48	2,15	Razoável
Set-2017	4,31	94,71	28,82	8,46	Razoável
Dez-2017	4,1	0	28,04	0,75	Ruim
Mar-Abr-2018	5,77	1,97	25,31	0,9	Razoável

Tabela 2.38 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7192-I-9

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Jun-Jul-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Set-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Abr-2018	5,48	73,24	27,58	3,69	Ruim

Os resultados observados nas **Tabelas 2.37** e **2.38** sugerem que ambos pontos merecem monitoramento contínuo e que a qualidade da água varia de ruim a razoável.

2.5.2.13. Poço do Lumiar, Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses: Ponto MA-715-I-45

O ponto MA-715-I-45 fica localizado na ilha de São Luís, capital do estado, em zona periurbana. A **Figura 2.27** mostra a localização do ponto. A **Tabela 2.39** apresenta os parâmetros medidos nas amostragens.



Figura 2.27 - Paço do Lumiar, Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses, Ponto MA-715-I-45

Tabela 2.39 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-715-I-45

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	6,89	9,91	29,57	4,26	Boa
Jun-Jul-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Set-2017	6,26	50,15	32,26	5,82	Boa
Dez-2017	5,87	25,17	28,99	5,07	Razoável
Mar-Abr-2018	5,94	764,79	28,62	3,45	Ruim

Pode-se observar na **Tabela 2.39** que a qualidade de água ruim medida na campanha de Março/Abril/2018 ocorreu devido a elevada turbidez e ao baixo teor de Oxigênio Dissolvido.

2.5.2.14. Alto Alegre do Pindaré, Bacia do Rio Mearim: Ponto MA-7162-I-4

O ponto MA-7162-I-4 fica localizado 10 km a montante da cidade de Alto Alegre do Pindaré. A **Figura 2.28** mostra a localização do ponto. A **Tabela 2.40** apresenta os parâmetros medidos nas campanhas.



Figura 2.28 - Alto Alegre do Pindaré, bacia do Rio Mearim, Ponto MA-7162-I-4

Tabela 2.40 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7162-I-4

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	6,98	31,49	26,90	5,14	Boa
Jun-Jul-2017	7,05	94,86	26,01	7,02	Boa
Set-2017	6,38	109,79	27,64	6,76	Boa
Dez-2017	6,6	59,22	26,31	6,25	Boa
Mar-Abr-2018	4,23	48,2	28,9	50,2(*)	Ruim

(*) Obs: Houve aparentemente um erro de digitação no parâmetro OD no arquivo original da SEMA, que deveria ser 5,02 ao invés de 50,2. Daí, se for corrigido para 5,02, a qualidade da água passará a ser razoável.

O município permaneceu incluído dentre os de portadores de qualidade de água ruim em pelo menos uma amostra, devido ao provável erro de digitação do arquivo original fornecido. Como não se tem como aferir se houve mesmo erro, permaneceu o valor digitado original.

2.5.2.15. Bacabal, Bacia Hidrográfica do Rio Mearim: Ponto MA-7165-I-5

O ponto MA-7165-I-5 fica localizado apenas 1 km a montante do aeroporto regional de Bacabal, na zona periurbana a montante da cidade. A **Figura 2.29** mostra a localização. A **Tabela 2.41** apresenta os parâmetros medidos.

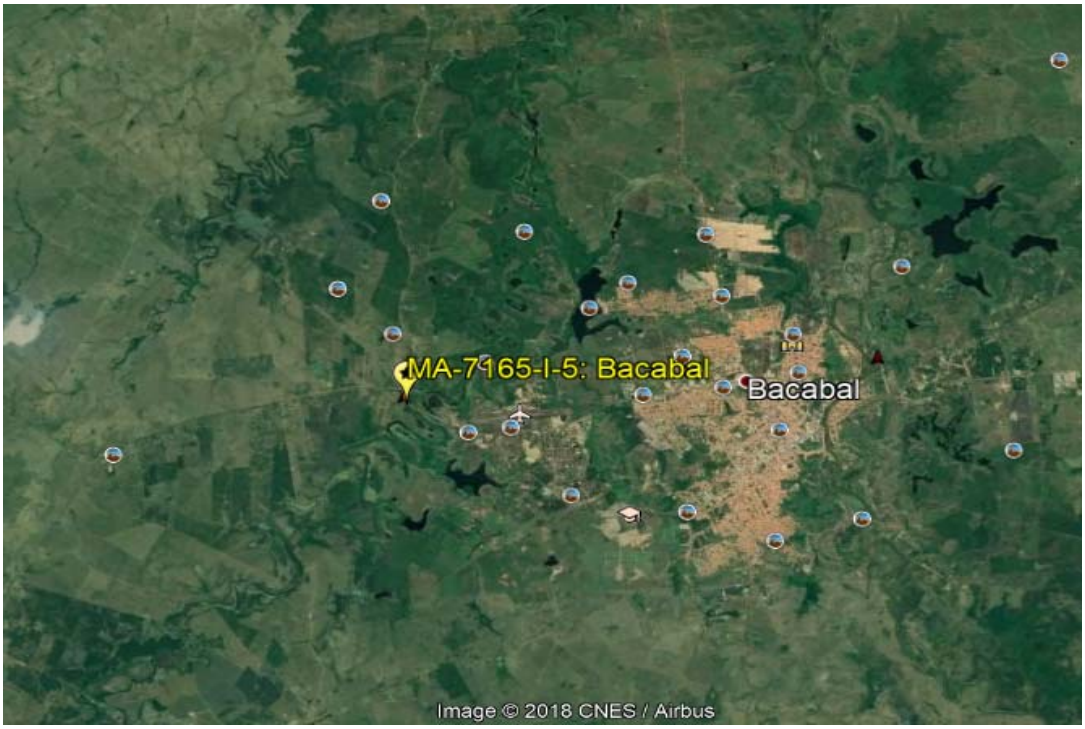


Figura 2.29 - Bacabal, bacia do Rio Mearim, Ponto MA-7165-I-5

Tabela 2.41 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7165-I-5

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	7,6	67,12	29,73	5,37	Boa
Jun-Jul-2017	5,09	7,72	28,31	4,45	Razoável
Set-2017	6,49	24,23	33,01	6,37	Boa
Dez-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Abr-2018	4,23	14,88	30,15	1,0	Ruim

Conforme se pode observar na **Tabela 2.41**, a qualidade da água no ponto MA-7165-I-5 em Bacabal oscila entre ruim a boa; pode haver uma sazonalidade, embora a quantidade de dados ainda seja insuficiente para se afirmar este fato.

2.5.2.16. Alto Alegre do Maranhão, Bacia do Rio Itapecuru: Ponto MA-7182-I-1

O ponto MA-7182-I-1 fica localizado 11 km a montante da cidade de Alto Alegre do Maranhão. A **Figura 2.30** mostra a localização do ponto. A **Tabela 2.42** apresenta os parâmetros medidos.



Figura 2.30 - Alto Alegre do Maranhão, Bacia do Rio Itapecuru, Ponto MA-7182-I-1

Tabela 2.42 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7182-I-1

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	7,93	18,41	28,24	4,22	Boa
Jun-Jul-2017	5,53	19,5	29,63	9,0	Boa
Set-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Abr-2018	5,13	10,54	27,7	2,80	Ruim

Os dados da **Tabela 2.42** mostram que pode haver uma influência sazonal nos parâmetros medidos, mas não é possível uma afirmação positiva. O monitoramento deve ser continuado.

2.5.2.17. São Mateus do Maranhão, Bacia do Rio Mearim: Ponto MA-7185-I-3

O ponto MA-7185-I-3 fica localizado na zona periurbana a jusante da cidade de São Mateus do Maranhão. A **Figura 2.31** apresenta a localização. A **Tabela 2.43** mostra os parâmetros amostrados.



Figura 2.31 - São Mateus do Maranhão, Bacia do Rio Mearim, Ponto MA-7185-I-3

Tabela 2.43 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7185-I-3

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	7,25	22,51	28,33	3,6	Razoável
Jun-Jul-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Set-2017	6,44	36,33	31,99	6,46	Boa
Dez-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Abr-2018	4,18	10,92	30,02	2,15	Ruim

Conforme se pode observar na **Tabela 2.43**, a oscilação dos parâmetros é típica de um ponto situado em zona periurbana. O monitoramento deveria ser continuado.

2.5.2.18. Barreirinhas, Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças: Pontos MA-7195-R-3 e MA-7196-R-3

Os pontos MA-7195-R-3 e MA-7196-R-3 ficam localizados no rio Negro, dentro da bacia do Rio Preguiças, mas não no rio Preguiças. A **Figura 2.32** mostra a localização dos pontos. As **Tabelas 2.44** e **2.45** apresentam os parâmetros medidos.



Figura 2.32 - Barreirinhas, bacia do Rio Preguiças, Pontos MA-7195-R-3 e MA-7196-R-3

Tabela 2.44 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7195-R-3

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Jun-Jul-2017	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Set-2017	4,74	0	27,4	4,5	Razoável
Dez-2017	5,46	0,47	27,89	7,24	Boa
Mar-Abr-2018	1,13	38,42	27,28	4,21	Ruim

A **Tabela 2.44** sugere uma variação sazonal nos parâmetros amostrados, porém, há necessidade de alguns anos a mais de monitoramento para constatação efetiva do fato.

Tabela 2.45 - Parâmetros Medidos no Ponto MA-7196-R-3

Campanha	pH	Turbidez (NTU)	Temp. Água (°C)	OD (mg/L)	Classificação pelo IQA_4
Mar-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Dez-2013	Não medido	Não medido	Não medido	Não medido	Não possível
Mar-Mai-2017	4,35	12,47	26,92	4,56	Razoável
Jun-Jul-2017	7,33	26	29,64	5,36	Boa
Set-2017	4,82	1,44	30,31	7,17	Boa
Dez-2017	5,16	0	27,27	7,37	Boa
Mar-Abr-2018	1,93	4,44	28,5	2,46	Ruim

A **Tabela 2.45** também parece sugerir uma sazonalidade na qualidade da água neste ponto, porém, somente com o monitoramento contínuo ao cabo de alguns anos é que se poderá tirar tal conclusão numa base científica.

2.6. Conclusão sobre o Diagnóstico da Qualidade da Água dos Rios no Maranhão

As cinco campanhas de amostragem da qualidade da água dos corpos hídricos maranhenses, entre Março/2017 e Março/2018, resultaram em 378 amostras que permitiram definir qualitativamente, usando o índice IQA_4, a qualidade da água deste corpos.

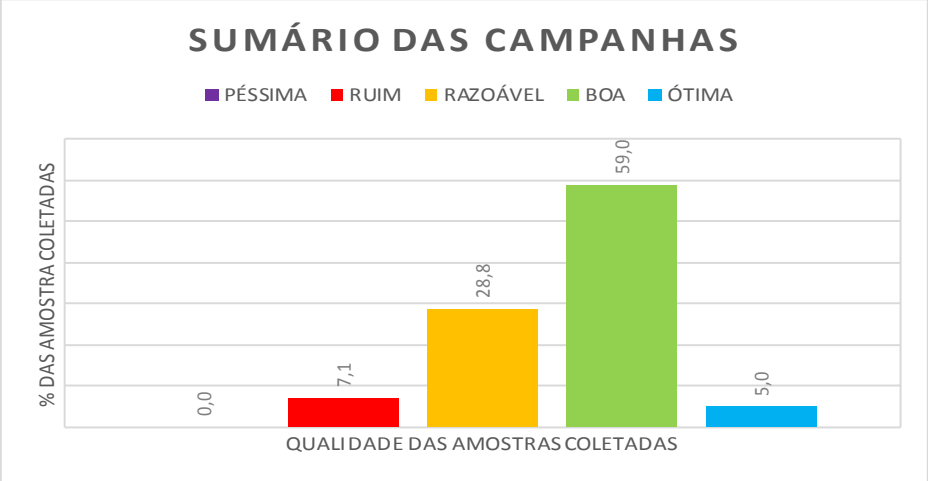


Figura 2.33 - Classificação da Qualidade da Água nas 378 Amostras

A **Figura 2.33** mostra a variação percentual qualitativa global dos pontos amostrados.

Observa-se na **Figura 2.33** que 64% das amostras foram classificadas na qualidade de boa a ótima. 28,8% na categoria razoável e apenas 7,1% na classificação de ruim, sendo 0% na classe de péssima.

Conclui-se que as águas superficiais dos corpos hídricos do estado do Maranhão, de forma geral, ainda não estão comprometidas com a poluição hídrica, porém, torna-se necessário aprofundar-se o monitoramento de forma continuada, sobretudo nos pontos em que foram identificadas água de qualidade ruim.

Recomenda-se que nestes pontos identificados com água de qualidade ruim, sejam feitas coletas da água para realização de análises laboratoriais que permitam uma melhor avaliação de sua qualidade, com a determinação de todos os parâmetros que são usados para determinação do IQA verdadeiro, adotado pela Agência Nacional de Águas e demais órgãos de fiscalização e gestão de recursos hídricos do Brasil.

3.

DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

3. DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

3.1. Hidrogeologia

3.1.1. Introdução

Este capítulo trata dos aspectos hidrogeológicos do Estado do Maranhão, desenvolvido a partir dos dados secundários sobre as águas subterrâneas enfatizando a sua ocorrência, captação através dos poços tubulares, reservas, potencialidades e disponibilidades. A água subterrânea, dentro do contexto técnico, não é fotogênica, uma vez que só aparece quando captadas ou quando brotam nas fontes naturais, mas são inquestionavelmente importantes para as comunidades, representando um pilar básico para o desenvolvimento socioeconômico e sendo sinônimo da qualidade de vida.

A procura por água ganha destaque mundial à medida em que os quadros de escassez hídrica se perpetuam e mundialmente, quase sempre, os governos entendem que somente trabalhando de modo proativo é que possuem possibilidade de compreender, analisar e atender as diferentes demandas engendradas pelos diferentes setores da sociedade. O Plano Estadual de Recursos Hídricos se constitui em ferramenta essencial de planejamento e gestão da água e transpassa todas as viabilidades políticas, submetendo-se, cada vez mais, as viabilidades técnicas, ambientais e sociais.

Quando se colocam os dados e as informações sobre os recursos hídricos de qualquer região geográfica brasileira, percebemos o quanto ainda temos que trabalhar para que a população tenha água de qualidade e em abundância, ou pelo menos de qualidade e em volumes aceitáveis dentro do planejamento de qualidade de vida. Ainda mais, existe a necessidade maior de projetos que integrem o conhecimento sobre os recursos hídricos atmosféricos, superficiais e subterrâneas, correlatos com o uso e ocupação do solo, permitindo, desta forma, o conhecimento integrado e atualizado. O Plano de Recursos Hídricos expõe, em todo o seu contexto, este conhecimento, calcado em dados secundários produzidos em todos os âmbitos sociais.

A abordagem hidrogeológica foi individualizada regionalmente por *Domínios Hidrogeológicos Porosos*, representado pelo Domínio das Coberturas Indiferenciadas e Domínio Sedimentar Predominantemente Clástico; *Domínio Cristalino* (Fraturado ou Fissural) e *Domínio Misto*, gerando dados e informações para o planejamento e gestão dos recursos hídricos de forma integrada. Após o entendimento macro, procurou-se, ainda, apresentar a hidrogeologia classificada em termos de Sistemas Hidrogeológicos

Simplificados, função direta dos corpos litológicos que podem ter as funções de armazenamento e liberação da água subterrânea.

Consoante o Termo de Referência do plano em tese procurou-se, em função dos dados disponíveis, apresentar o conhecimento das águas subterrâneas maranhenses por sub-bacias, adotando-se a classificação proposta e utilizada pelo Governo Estadual do Maranhão em que o divide em 12 bacias hidrográficas, formalizada através do Decreto Estadual 27.845 de 18 de novembro de 2011, a partir de um estudo realizado pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, sendo elas: Bacias do Parnaíba, a Leste; do Tocantins, a Sudoeste; Gurupi, a Noroeste, que correspondem às bacias hidrográficas de *domínio federal*; as bacias de *domínio estadual* estão representadas pelas Ilhas Maranhenses e do Litoral Ocidental, bem como pelas Bacias Hidrográficas Mearim, Itapecuru, Munin, Turiaçú, Maracaçumé, Preguiças e Periá (**Tabela 3.1**).

Em relação ao cálculo estimativo das reservas e potencialidades das águas subterrâneas, este foi realizado com o auxílio das fórmulas clássicas existentes e praticadas dentro da Hidrogeologia; a disponibilidade hídrica, mostrando o volume hídrico captado pelos poços em operação e/ou aqueles capazes de se operar, se baseou nos dados existentes no Banco de Dados do SIAGAS/CPRM. É importante ressaltar que o cálculo das disponibilidades hídricas foi realizado, em função da escala de trabalho, para os domínios hidrogeológicos tratados e contempla a divisão em bacias hidrográficas adotada em concordância com a proposição do projeto.

Outro ponto que se buscou mostrar neste capítulo foi a qualidade da água subterrânea. Segundo o Art. 29 da Resolução CONAMA nº 396/2008, a disposição das águas subterrâneas é realizada por aquífero, conjunto de aquíferos ou porções desses, na profundidade onde estão ocorrendo às captações para os usos preponderantes, devendo ser considerados, no mínimo:

- A caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica;
- A caracterização de vulnerabilidade e dos riscos de poluição;
- O cadastramento de poços existentes e em operação;
- O uso e a ocupação do solo e seu histórico;
- A viabilidade técnica e econômica do enquadramento;
- A localização das fontes potenciais de poluição, e;
- A qualidade natural e a condição de qualidade das águas subterrâneas assegurando a preservação dos recursos hídricos.

Como o desenvolvimento deste trabalho se respalda na coleta e análise de dados secundários, observa-se que não se dispõe de muitas informações em nível estadual sobre fontes potencialmente poluidoras das águas subterrâneas e caracterização das zonas de vulnerabilidade aquífera, entre outros. Observa-se, ainda, que são escassas as análises qualitativas pertinentes aos aquíferos maranhenses e as que existem são pontuais, não contemplando em sua grande maioria o aquífero mas, sim, a água captada. Ou seja, são análises realizadas para se ver a qualidade da água que se consome e não tem um cunho de pesquisa associada ao tipo de aquífero, relação com fontes de poluição ou uso e ocupação do solo.

Tabela 3.1 - Regiões hidrográficas do Estado do Maranhão.

Regiões Hidrográficas (PNRH/MMA-ANA 2006)	Regiões Hidrográficas do Maranhão	Área (km²)	% Sobre Estadual
Domínio Estadual			
Subtotal 1		**216.034,34**	**65,07**
Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	10.226,22	3,08
	Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses	3.604,62	1,09
	Bacia Hidrográfica do Mearim	99.058,68	29,84
	Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru	53.216,84	16,03
	Bacia Hidrográfica do Rio Munim	15.918,04	4,79
	Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu	14.149,87	4,26
	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	7.756,79	2,34
	Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças	6.707,91	2,02
	Bacia Hidrográfica do Rio Periá	5.395,37	1,62
Domínio Federal			
Subtotal 2		**115.948,05**	**34,06**
Região Hidrográfica do Parnaíba	Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba	66.449,09	20,02
Região Hidrográfica do Araguaia-Tocantins	Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins	30.665,15	9,24
Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental	Bacia Hidrográfica do Rio Gurupi	15.953,91	4,80

Finalmente convém ressaltar que, no Maranhão, o Decreto nº 28.008 de 30/01/2012 regulamenta a Lei nº 8.149, de 15 de junho de 2004 e a Lei nº 5.405, de 08 de abril de 1992, com relação às águas subterrâneas e dá outras providências. Na Seção II - *Do Órgão Gestor e Entidades Relacionadas a Águas Subterrâneas*, em seu *Art. 2º* diz que "Caberá ao órgão gestor da Política de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, no caso a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA, a emissão das licenças de obras de captação de águas subterrâneas, a autorização do uso da água como também o monitoramento qualitativo e a fiscalização, por meio de suas unidades administrativas". É importante que entenda-se a responsabilidade da SEMA em dar continuidade aos estudos desenvolvidos, observando-se em seu *Art. 3º* - A SEMA deverá executar, complementar ou atualizar os estudos para

avaliação das potencialidades e disponibilidades de águas subterrâneas nos aquíferos de todo o Estado de Maranhão, direta ou indiretamente. Complementa com um Parágrafo Único onde diz que "*Os estudos a que se refere o caput deste artigo deverão integrar o Plano Estadual de Recursos Hídricos, assim como os Planos Diretores das Bacias Hidrográficas*".

3.1.1.1. Dados e Informações Utilizadas

Em função do escopo de trabalho, foram trabalhados somente dados secundários. Através da Moção nº 038 de 07 de Dezembro de 2006, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH recomendou a adoção do SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas pelos órgãos estaduais, Secretarias dos Governos Estaduais, Agência Nacional de Águas – ANA e Usuários dos Recursos Hídricos Subterrâneos, como base nacional compartilhada para armazenagem, manuseio, intercâmbio e difusão de informações sobre as águas subterrâneas (DINIZ et al, 2014).

Normalmente as empresas que trabalham com a construção de poços enviam seus dados para a CPRM – Serviço Geológico do Brasil a fim de que este abasteça o SIAGAS. Na Nota Técnica do Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo (DINIZ et al, op. Cit.) constam 11.332 poços cadastrados no Maranhão, gerando uma densidade de 3,41 poços/100 km², explotando um volume hídrico subterrâneo de 658.216.578 m³ anual (658,21 x 10^6 m³/ano) e representando 4,7% dos poços do Brasil constantes no SIAGAS (241.692 poços). Observa-se que a densidade de poços em solo maranhense é superior àquela encontrada para o Brasil (2,90 poços/100 km²)

Para o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão – Capítulo de Hidrogeologia, o banco de dados do SIAGAS foi acessado em 01/10/2018 e se obteve dados e informações de 11.618 poços tubulares (Banco de Dados). Observa-se a ausência de muitos parâmetros, particularmente os perfis litológicos, hidrodinâmicos e de qualidade de água, o que reduz a abrangência do conhecimento sobre as águas subterrâneas maranhenses, principalmente porque a exposição dos dados será por bacia hidrográfica. Infelizmente, tal situação não é restrita ao Maranhão, se observando este fato para todos os estados brasileiros onde o SIAGAS possui cerca de 250.000 poços cadastrados.

Além destes, dados de poços e qualidade das águas também foram obtidos na SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão, particularmente dos poços outorgados na Ilha de São Luís. Trabalhos acadêmicos, a exemplo das Teses de Doutorado de Leite (2018) versando sobre os Aquíferos Serra Grande e Cabeças na Bacia do Parnaíba, e de Caputo, M.V. (1984) abordando a estratigrafia e tectônica das bacias do

Nordeste do Brasil, além da Dissertação de Mestrado de Cunha (1986) que aborda a evolução paleozoica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico; relatórios técnicos da PETROBRÁS de onde se obteve o conhecimento da ocorrência e espessuras das formações geológicas sedimentares na Bacia do Parnaíba, a exemplo de Góes e Souza (1990) que mostram o estágio exploratório e perspectivas petrolíferas da Bacia do Parnaíba e, além destes, trabalhos técnicos da CPRM refletidos nos relatórios municipais contidos no Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Maranhão – Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea (CPRM, 2011) e no Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo – Nota técnica (DINIZ et al, 2014). Todos estes documentos, basicamente, foram utilizados para embasar o conhecimento sobre as águas subterrâneas e seus reservatórios em território maranhense.

Os dados de poços e qualidade da água subterrânea foram tratados através de programas estatísticos, Surfer, gráficos Excel e ambiente SIG, sendo traduzidos em mapas de zoneamento temáticos de parâmetros previamente selecionados, a exemplo da profundidade de poços, nível estático, vazão dos poços tubulares e condutividade elétrica da água subterrânea, sendo os mapas de zoneamento elaborados no ambiente SIG utilizando-se o método de *krigagem*.

3.1.1.2. Conceituação/Glossário hidrogeológico simplificado

As especificidades dos termos técnicos do conhecimento geológico torna, inúmeras vezes, uma leitura técnica extremamente difícil e na hidrogeologia o mesmo acontece. Assim sendo, a fim de facilitar a leitura por parte do técnico, ou dos gestores, sem afinidade com os termos hidrogeológicos segue a definição utilizada de alguns termos no decorrer deste capítulo.

Aquífero – corpo litológico (rochoso), ou sedimentar, capaz de armazenar e liberar água, ou seja, com boas porosidade e permeabilidade;

Diagrama de Piper – Diagrama composto por dois triângulos na base e um paralelograma acima, onde devem ser plotadas as concentrações dos íons maiores (em % de meq/L) que, interligados, resultam na classificação iônica das águas, aplicado neste relatório particularmente às águas subterrâneas;

Disponibilidade Efetiva dos poços (Disponibilidade Instalada) - Representa o volume de água normalmente captado pelos poços instalados;

Disponibilidade Instalável dos poços – Representa o volume de água normalmente captado pelos poços que não estão em uso mas são passíveis de entrarem em operação;

Domínio Hidrogeológico – Abrange unidades sedimentares ou um conjunto de formações litológicas com características geológicas similares, mesmo com características hidrogeológicas que levem a diferentes classificações em relação ao armazenamento e liberação de água subterrânea;

Domínio Hidrogeológico Poroso – Conjunto de unidades ou formações sedimentares clásticas;

Domínio Hidrogeológico Cárstico – Conjunto de formações de composições carbonáticas;

Domínio Hidrogeológico Fraturado – Conjunto de formações geológicas ígneas ou metamórficas, comumente designadas como "*cristalinas*";

Espessura total de sedimentos – significa a espessura total de sedimentos, parâmetro que pode oscilar dentro de uma bacia geológica sedimentar;

Espessura saturada – significa a espessura de sedimentos que encontra-se saturada de água. É a espessura considerada no cálculo das reservas hídricas subterrâneas;

Isópacas - Isolinhas representativas das variações das espessuras de uma unidade litoestratigráfica. Em qualquer ponto da linha, tem-se a mesma (iso) espessura;

Permeabilidade – Capacidade que um corpo litológico possui de se deixar atravessar por um fluido (água);

Nível estático (NE) – posicionamento em que se encontra a água subterrânea dentro do poço. É medido à partir da superfície (boca do poço);

Nível dinâmico (ND) – posicionamento em que se encontra a água dentro do poço, porém sob a condição de bombeamento do mesmo ou sob interferência de outro (s) poço (s) ou quaisquer outras obras;

Porosidade – Capacidade que um corpo litológico possui de armazenar um determinado fluido (água);

Porosidade total – Relação entre o volume de vazios pelo volume total do corpo (rochoso ou de sedimentos), comumente expresso em porcentagem;

Porosidade efetiva – Relação entre o volume hídrico que migra por força gravitacional e o volume total do corpo armazenador (rocha ou sedimento), normalmente expressa em porcentagem. É este parâmetro que normalmente se utiliza na Hidrogeologia.

Reservas Renováveis (Rr) - São representadas pelo volume hídrico armazenado entre os níveis de flutuação máximo e mínimo dos aquíferos livres. Participa do ciclo hidrológico numa escala de tempo anual, interanual ou sazonal estando, desta forma, em constante movimento. Existem várias maneiras de se realizar o cálculo destas reservas, sendo as mais comuns: 1ª) Cálculo da Vazão de Escoamento Natural (VEN); 2ª) Hidrograma de escoamento superficial, com cálculos a partir das curvas de recessão, no trecho correspondente à restituição do excesso infiltrado no meio poroso; 3ª) Método volumétrico, tendo-se por base a flutuação (Δh) dos níveis d´água nos aquíferos livres, sendo expressa por Rr = A. Δh. μe, onde A = área de ocorrência do aquífero (L2), Δh = variação do nível d´água (L) e μe = porosidade efetiva (adimensional) para aquíferos livres ou S = Coeficiente de armazenamento para aquíferos confinados a semi-confinados.

Reservas Permanentes (Rp) - Estas reservas representam o volume de água subterrânea que participa do ciclo hidrológico numa escala de tempo plurianual, centenária ou milenar. Correspondem aos volumes estocados abaixo do limite inferior de flutuação sazonal do nível de saturação dos aquíferos livres ou dos níveis potenciométricos dos aquíferos confinados (CAVALCANTE, 1998). As reservas permanentes serão calculadas pelo método volumétrico utilizando-se as seguintes fórmulas: Rp = A. ho. μe, onde A = área de ocorrência do sistema aquífero (L2), ho = espessura saturada (L), e μe = porosidade efetiva (adimensional) no caso de sistema livre. No caso do sistema aquífero confinado, as reservas permanentes são calculadas pela somatória de Rp = A. ho. μe mais o volume armazenado sob pressão dado pela equação Rp =A.ho.S, onde S = coeficiente de armazenamento;

Recursos explotáveis (Re) ou Potencialidade Aquífera (P) - Representam os volumes que podem ser utilizados das reservas naturais, em função das reservas renováveis (reguladoras) ou dos meios técnico-financeiros de que se disponha, ou seja, da variável de decisão que leva em consideração outros objetivos e fatores limitantes, a exemplo da taxa de renovabilidade natural (CAVALCANTE, 1998); Duarte (1996, 1997) define recursos explotáveis como sendo "*aqueles que estão disponíveis sem que haja comprometimento do aquífero nem do meio ambiente" e os associa com as disponibilidades hídricas do sistema aquífero, resultando no dimensionamento da potencialidade aquífera. Admite-se que, sem prejuízo para o aquífero, se possa explotar toda a reserva renovável e mais uma parcela da reserva permanente, que representem no período de 50 anos um valor de 30% dessas reservas*". Assim, tem-se a seguinte equação: P = Rr + (0,006 x Rp), onde: P – Potencialidade aquífera; Rr – Reserva renovável; Rp – Reserva permanente;

Sólidos Totais Dissolvidos (STD) – Somatório das concentrações iônicas de uma solução (água), sem a presença de coloides;

Vazão – Volume de água que é bombeado em uma determinada unidade de tempo;

Vazão informada – Vazão informada verbalmente pelo usuário à época de um cadastramento de campo;

Vazão medida – Vazão obtida de ensaios de bombeamento.

Ressalta-se que o Decreto nº 28.008 de 30/01/12 que trata das águas subterrâneas maranhenses, no seu Capítulo I - Das Disposições Preliminares Seção I - Das Definições, consta entre outras:

I - *Águas subterrâneas*: todas as águas que se encontram abaixo da superfície do solo, e em contato direto com o solo ou com o subsolo;

V - *Administração ou Gestão*: conjunto de ações destinadas ao controle do uso das águas subterrâneas, relacionadas a:

a) a avaliação dos recursos hídricos subterrâneos e o planejamento do seu aproveitamento racional;

b) a outorga, o licenciamento, o monitoramento e a fiscalização do uso dessas águas;

c) a aplicação de medidas relativas à conservação, proteção e a preservação quantitativa e qualitativa das águas subterrâneas;

VI - *Licença de perfuração*: documento emitido pelo órgão gestor, após constatação do cumprimento das normas legais pertinentes, pelo qual o interessado se habilita a executar a obra de captação, por meio de Autorização para perfuração;

VII - *Outorga de direito de uso de recursos hídricos*: ato administrativo, de autorização, mediante o qual o Órgão Gestor do Meio Ambiente e Recursos Naturais faculta ao outorgado o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato;

VIII - *Usuário*: toda pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que faça uso de recursos hídricos que dependem ou independem de outorga, nos termos previstos nos Arts. 11 e 12 § 1º, da Lei nº 8.149 de 15 de junho de 2004, sendo obrigatório o cadastramento junto ao Órgão Gestor do Meio Ambiente e Recursos Naturais.

IX - *Aquífero*: Corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos

X - *Captação e explotação do aquífero:* ato de retirar e usar, respectivamente, a água contida no aquífero através de poços tubulares ou escavados ou outro tipo de obra;

XI - *Poço jorrante ou artesiano*: perfuração na rocha sedimentar ou cristalina cujo nível de água eleva-se espontaneamente acima da superfície do solo;

XII - *Poço tubular*: perfuração na rocha sedimentar ou cristalina para extração de água subterrânea de diâmetro compatível com a tecnologia de equipamentos mecânicos especializados de perfuração;

XIII - *Poço escavado ou amazonas*: escavação no solo ou rocha sedimentar, com grande diâmetro, na escala de metros, revestido com pedras, tijolos ou tubos de concreto, destinado a captar água subterrânea;

XIV - *Vazão*: é o volume de água extraída por tempo determinado, sendo expressa em m^3/h (metros cúbicos por hora), m^3/s (metros cúbicos por segundo), em L/h (litros por hora) ou ainda em L/s (litros por segundo);

XV - *Recarga*: condição de alimentação do aquífero a partir da superfície, podendo se dar através da infiltração da água da chuva ou de rios e lagos - recarga natural; ou através da infiltração por barramento superficial ou introdução através de poços de bombeamento - recarga artificial;

XVI - *Área de Recarga*: são as zonas de máxima infiltração de águas pluviais, geradoras de carga hidráulica suficiente para induzir fluxos no meio subterrâneo, caracterizadas por coberturas de materiais clásticos, aluviões e rochas sedimentares, ocorrentes na superfície de chapadas, mesas, serras, tabuleiros, peneplanos, terraços fluviais e dunas;

XVII - *Zona de infiltração máxima*: a área em que, devido à natureza do solo e do substrato geológico, e ainda às condições de morfologia do terreno, a infiltração das águas pluviais ocorre sob condições especialmente favoráveis.

XVIII - *Potencialidade*: volume de água subterrânea armazenada no aquífero, susceptível de ser utilizado anualmente, podendo incluir uma parcela das reservas permanentes;

XIX - *Disponibilidade*: parcela da potencialidade de água subterrânea que pode ser explotada anualmente, sem prejuízos ao aquífero nem ao meio ambiente; o volume que pode ser extraído a partir de captações já existentes corresponde a disponibilidade instalada.

3.1.2. As Águas Subterrâneas no Maranhão

Os projetos relacionados as águas subterrâneas do Estado do Maranhão, em escala regional, são escassos, tendo-se conhecimento mais da prática da construção dos poços tubulares, haja vista que a população necessita de água, bem como inúmeros empreendimentos distribuídos pelo espaço maranhense. Somente na segunda década no século XXI é que este recurso hídrico começa a ganhar destaque, apesar da importância que a água subterrânea possui no âmbito do abastecimento hídrico no estado, quando a CPRM começou a desenvolver em meados de setembro de 2016, e em parceria com a ANA – Agência Nacional das Águas, o Projeto "*Estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana de São Luís – MA: Subsídios para o uso sustentável dos recursos hídricos*", objetivando realizar a avaliação dos recursos hídricos e subsidiar a gestão da água na área. Porém, até o momento do desenvolvimento deste Capítulo, a ANA não disponibilizou, total ou parcialmente, este documento ao público.

A literatura mostra que trabalhos pioneiros eram realizados pelo Serviço Geológico e Inspectoria de Obras Contra as Seccas – IFOCS desde o começo do século 20, a exemplo de Williams e Crandall (1910), Waring (1912) e Small (1913). Kegel (1955), em seu trabalho intitulado "*Água subterrânea no Piauí*" publicado sob os auspícios do Ministério da Agricultura/DNPM/Divisão de Geologia e Mineralogia, apresenta uma série de observações e considerações sobre a água subterrânea do Piauí, porém ressalta que também realizou observações no Maranhão. Afirma, entre outras, que a "*...maior parte do Piauí (e do Maranhão) está em situação privilegiada pois possui, no subsolo, até centenas de metros de profundidade, camadas sedimentares capazes de acumular água. É uma grande riqueza, até agora pouco explorada, ou por falta de recursos, ou por falta de instrução adequada*".

Dentre outras informações, Kegel (1955, p. 47) ressalta: "*É digno de nota a grande vazão de 68,5 L/s (246,6 m³/h) do furo executado pelo Conselho Nacional do Petróleo em Carolina, no Maranhão, provavelmente de água, em grande parte, da formação Serra Grande. O furo alcançou a profundidade de 1.169m e jorra água de 37,8ºC*".

A partir do conhecimento geológico exposto no Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Maranhão (VASQUES et al, 2012) do Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo – Nota técnica (DINIZ et al, 2014), foram elaborados para o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão os Mapas de Domínios Hidrogeológicos Simplificados (Anexo I) e o de Sistemas Hidrogeológicos Simplificados (Anexo II). A configuração dos domínios e sistemas hidrogeológicos por bacia hidrográfica maranhense é

apresentada através dos mapas de encarte, dispostos ao redor do mapa central, com uma única legenda onde se tem os termos identificáveis em uma única legenda.

A definição clássica de *aquífero* designa um corpo geológico capaz de armazenar e ceder água subterrânea, atualmente sendo classificado em função direta dos parâmetros permeabilidade (propriedade que caracteriza o corpo em relação a capacidade de se deixar percolar por um fluido, neste caso específico a água) e porosidade (capacidade do corpo rochoso de armazenar água)

O *Domínio Hidrogeológico* abrange unidades sedimentares ou cristalinas (ígneas e metamórficas) ou um conjunto de formações litológicas com características geológicas similares, mesmo com características hidrogeológicas que levem a diferentes classificações em relação ao armazenamento e liberação de água subterrânea. A classificação de *Domínios Hidrogeológicos em Poroso* (Porosidade Primária) e *Fraturado* (Porosidade secundária e designado genericamente, também, como Fissural ou Cristalino), é admissível por apresentar a configuração geral da ocorrência nos diferentes litotipos, ou sedimentos, que armazenam as águas subterrâneas, permitindo o conhecimento maior da situação deste recurso no âmbito da província hidrogeológica. A abordagem individualizada por Domínios Hidrogeológicos Poroso e Fraturado permite o conhecimento da ocorrência das águas subterrâneas dentro de uma visão mais ampla, sem detalhamento maior das características hidrogeológicas (ABREU et al, 2013).

Até o final da primeira década do século passado, os estudos direcionados para águas subterrâneas tinham como objetivo básico a determinação da vocação aquífera através da análise da produtividade dos poços que captavam uma determinada camada litoestratigráfica ou domínio geológico. Através do desenvolvimento analítico ocorrente na segunda metade daquele século, a avaliação hidrogeológica ganhou consistência e pode ser desenvolvida de modo sistêmico e, conforme ressalta Rebouças (1986), o aquífero passou a ser considerado como um *Sistema Aquífero* formado por uma ou mais unidades hidroestratigráficas que apresentam continuidade hidráulica, características hidrodinâmicas com particularidades distributivas, condições de recarga, de circulação e descarga e de qualidade das águas relativamente semelhantes.

Cavalcante (1998), em relação as águas subterrâneas, ressalta que com o reconhecimento maior de suas propriedades físicas, hidrodinâmicas e qualitativas, posicionamento estratégico perante o local da demanda e o baixo custo de implementação das obras de captação, comparativamente as águas superficiais e associadas, ainda, a rápida e crescente deterioração

qualitativa das águas superficiais, tornou-se mister uma abordagem dos aquíferos sob uma visão de planejamento e gestão integrada com o meio ambiente e adotando a classificação de sistemas aquíferos definiu as funções aquíferas produção, estocagem, filtro e regularização, estratégica e hidro-ambiental aplicadas para uma região metropolitana. Comportamento semelhante observa-se em Matta (2002) que, também caracterizando os diferentes sistemas aquíferos na Região Metropolitana de Belém, no Estado do Pará – região amazônica brasileira, pode sistematizar as águas subterrâneas sob o foco de gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

A designação de *sistemas hidrogeológicos*, apesar de também ser amplo, envolve o conhecimento de entrada (recarga) e saída (exutório) do sistema hídrico, além de exigir dados característicos para as diferentes classificações (Aquíferos, aquitardes, aquífugos).

Assim sendo, a elaboração dos Mapas de Domínios Hidrogeológicos Simplificados e dos Sistemas Hidrogeológicos Simplificados do Estado do Maranhão permite o conhecimento em dois níveis de conhecimento do meio de subsuperfície, sendo o primeiro mais geral do que o segundo. Com isto, a Hidrogeologia dentro do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão pode ser entendida e manuseada mais facilmente em todos os níveis da hidrogeologia.

No Mapa de Domínios Hidrogeológicos Simplificados do Estado do Maranhão (Anexo I), o Domínio das Coberturas Indiferenciadas é representado pelas *Aluviões, Dunas, Depósitos Litorâneos e Coberturas Indiferenciadas*, sendo que as *Aluviões* ocorrem por todo o estado sempre bordejando as linhas de drenagens, possuindo maiores larguras e espessuras diretamente correlacionáveis a ordem de grandeza da drenagem. São compostos por sedimentos silto-areno-argilosos, com níveis conglomeráticos, cascalhos e argilas orgânicas a depender da energia de transporte e das rochas fontes, constituindo aquíferos freáticos e livres. Normalmente são captados por poços tubulares rasos de até 20m de profundidade, sendo que inúmeras vezes as obras de captação são representadas por poços manuais (cacimbas) em função direta do poder aquisitivo da população ribeirinha e da facilidade do processo construtivo, com vazões oscilando de pequenas a médias, a depender da espessura saturada e dos níveis arenosos.

As *Dunas* e *Depósitos Litorâneos* ocorrem margeando a costa maranhense, onde são observadas predominantemente no quadrante nordeste, quando ocupam grandes áreas migrando fortemente para o interior do estado e sendo compostos por areias de granulação finas a médias, siltosas, quartzosas ou quartzo-feldspáticas, apresentando bom grau de

arredondamento e esfericidade. Representam aquíferos rasos, livres, com nível estático sub-aflorante, captados normalmente por poços tubulares com até 20m de profundidade e que produzem vazões predominantemente inferiores 10 m³/h, com água geralmente de boa qualidade físico-química e utilizadas pelas comunidades costeiras.

Finalmente, observam-se que as *Coberturas Indiferenciadas* ocorrem dispersas no espaço maranhense, predominando na porção oeste, onde as manchas destas coberturas clásticas ocupam áreas significantes.

O Domínio Sedimentar Predominantemente Clástico é representado pela *Bacia Hidrogeológica do Parnaíba* (Também conhecida como Província Hidrogeológica do Parnaíba ou Bacia do Maranhão), *Bacia do Urucuia* e *Sedimentos Barreiras*, onde os termos sedimentares clásticos das formações geológicas que compõem a Bacia do Parnaíba são predominantes, distribuindo-se de norte a sul. Segundo o IBGE (1997), a quase totalidade do território maranhense está incluída na Bacia Hidrogeológica do Parnaíba, uma das mais importantes províncias do país, onde o pacote de sedimentos alcança espessura da ordem de 3.000m, dos quais 2.550m são de idade Paleozoica (Entre 540 e 250 Ma), e 450 de idade Mesozoica (Entre 241 e 65 Ma). Assim sendo, o domínio hidrogeológico sedimentar predominante do Maranhão condiciona boas possibilidades de reservas e explotação de suas águas subterrâneas.

O *Domínio Hidrogeológico Barreiras* se distribui nas porções nordeste e norte/noroeste do Maranhão, caracterizando-se por formarem um pacote sedimentar essencialmente composto por clásticos argilo-silto-arenoso, onde ocorrem esporadicamente níveis lateríticos e, na base, níveis conglomeráticos. Suas águas subterrâneas estão armazenadas nos níveis arenosos e sílto-arenosos, que se comportam como um aquífero livre, embora, localmente, os níveis argilosos, impermeáveis, imprimam características de aquíferos confinados a semi-confinados. Inúmeras vezes seus níveis mais síltico-argilosos imprimem características de aquitardes e a descontinuidade e a reduzida área de ocorrência de alguns afloramentos isolados – mantos residuais de pequena espessura – impedem, localmente, a formação de aquíferos.

O Sistema Hidrogeológico Urucuia ocorre somente localizado representado por pequena porção no extremo sul do Maranhão pertencente a Bacia Sedimentar Sanfranciscana, sendo composto por arenitos, argilitos e conglomerados.

O *Domínio Cristalino*, comumente denominado também de *Domínio Fraturado* ou *Fissural* na literatura específica, é representado pelo meio Cristalino, Metassedimentos-Metavulcânicas e Vulcânicas. Entende-se que, tecnicamente, os litotipos ígneos plutônicos e metamórficos devem ser tratados na Hidrogeologia diferentemente de alguns litotipos ígneos vulcânicos, a exemplos dos basaltos. Porém, na escala adotada para o Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Estado do Maranhão e na ausência de dados hidrogeológicos para os litotipos ígneos vulcânicos adota-se, aqui, a designação de Domínio Cristalino. Ocorre em áreas restritas e pequenas dispersas ao norte e, predominantemente, a noroeste (Metassedimentares e metavulcânicas) a sudoeste/sudeste do estado, sendo que nestas últimas destacam-se as Vulcânicas em termos de ocupação espacial.

Finalmente, dentro da classificação de Domínios Hidrogeológicos, se tem o Domínio Misto representado pelos termos Poroso/Fissural que ocorrem somente em uma pequena área na porção noroeste em contato com o Domínio Cristalino e Barreiras.

O Mapa dos Sistemas Hidrogeológicos Simplificados do Estado do Maranhão (Anexo II) possui em seu bojo uma divisão que amplia o conhecimento sobre os Domínios Hidrogeológicos à medida em que apresenta a configuração das águas subterrâneas em cada corpo litológico ou de sedimentos, a exemplo de Aluviões, Dunas, Barreiras, Itapecuru e Serra Grande. Os sistemas cartografados em mapa refletem aqueles que afloram no Maranhão, eis o porquê de não constar em sua legenda o Sistema Hidrogeológico Cabeças, um dos principais aquíferos da Bacia Hidrogeológica do Parnaíba, porém que deverá ser abordado no decorrer do texto.

A **Figura 3.1** mostra as espessuras dos sedimentos através de isópacas onde se observa que a Bacia Hidrogeológica do Parnaíba possui, no Maranhão, cerca de 2.800m de sedimentos (LEITE, 2017). Porém, deve ser ressaltado que pesquisas mais atuais envolvendo geofísica (Sísmica) proporcionam dados que estimam uma espessura de sedimentos de 3.000 a 3.500m para esta bacia, uma das principais em termos de ocorrência e captação de água subterrânea no Brasil.

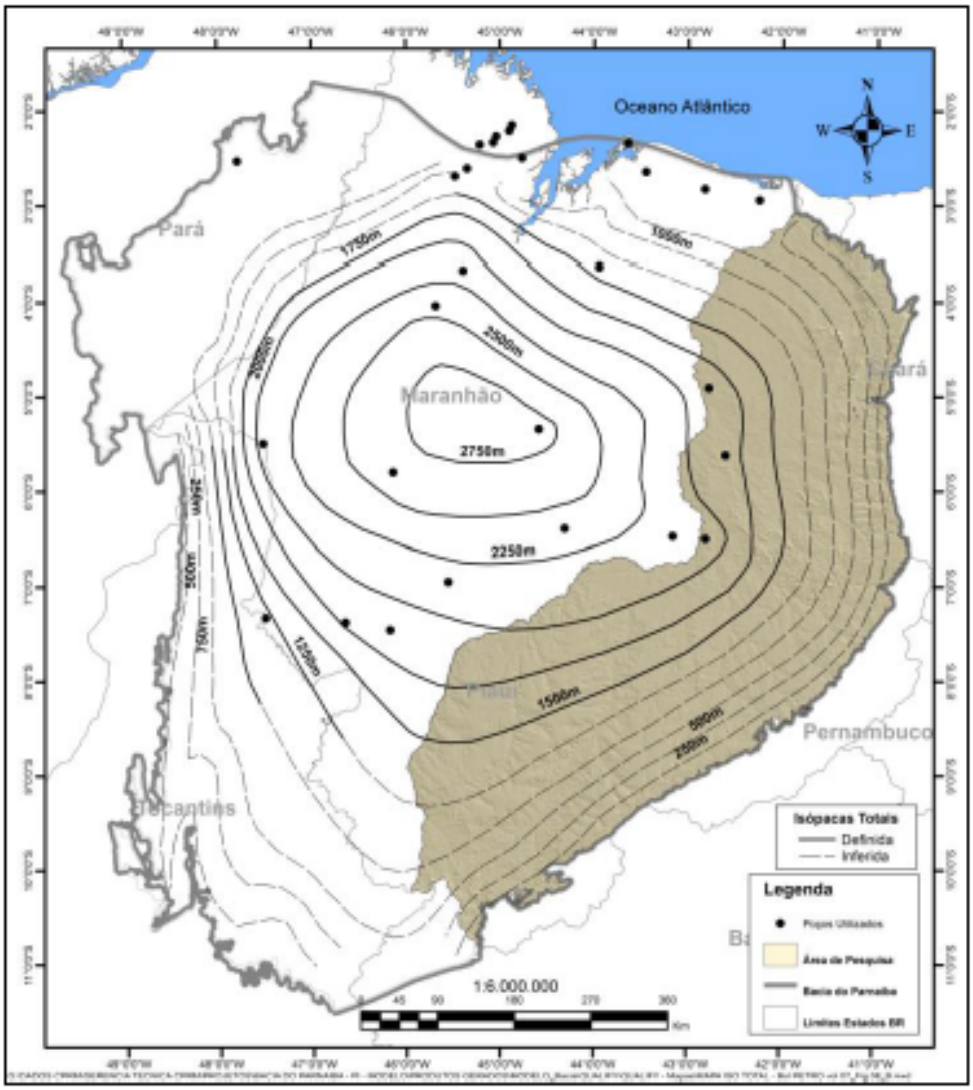


Figura 3.1 - Isópacas totais de sedimentos na Bacia Hidrogeológica do Parnaíba (LEITE, (2018) adaptado de Campos, 1964).

Os *Sistemas Aluvionares, Dunas e Sedimentos Litorâneos* encontram-se bordejando o litoral maranhense, destacando-se na porção nordeste em contato com o Sistema Barreiras e Itapecuru. Os depósitos aluvionares são constituídos por cascalhos, areias e argilas inconsolidadas, com manchas dispersas no litoral e com faixas estreitas e descontínuas, ao longo dos rios mais importantes a exemplo do Tocantins, Pindaré, Grajaú, Mearim e Paranaíba. As Dunas representam, no geral, sedimentos inconsolidados, friáveis, formados por níveis de diferentes composições granulométricas, predominando a fração areia, que possuem boas porosidades e permeabilidades facilitando o armazenamento e fluxo das águas subterrâneas mas, em determinadas regiões, também possuem níveis argilosos que minimizam a captação das águas através de poços tubulares.

Os *Sedimentos Litorâneos* compreendem os depósitos de dunas costeiras (constituídos por areias quartzosas de granulometria muito fina), praias (areias quartzosas de granulometria de muito fina a fina), planície arenosa (areias quartzosas de granulometria de fina a média) e cordões litorâneos antigos (Areias quartzosas de granulometria de muito fina a fina), que apresentam maior expressão na região costeira a oeste da Ilha de São Luís (KLEIN et al., 2009; VEIGA JÚNIOR, 2000).

O Sistema Barreiras é representado por litotipos areno-silto-argilosos, coloração predominantemente alaranjada, cujos níveis ocorrem quase que horizontalmente, sendo os níveis arenosos os mais promissores para armazenamento e captação da água subterrânea Barreiras. Aflora a nordeste do Estado, no triângulo formado pelas localidades de Buriti, Urbano Santos e Araioses. No oeste do Estado, forma tabuleiros isolados nas Bacias do Gurupi e Pindaré, nas proximidades do limite com o Pará. O Barreiras assenta-se discordantemente sobre o Itapecuru, sendo comum sobrepor-se, também, sobre as formações mais antigas; não é porém, recoberta por nenhuma outra formação. Sua datação não é precisa pela ausência de fósseis; admite-se no entanto, que seja do Terciário por englobar o calcário fossilífero Pirabas que pertence ao Mioceno Inferior.

Os sistemas que compõem a Bacia Hidrogeológica do Parnaíba possuem, no geral, uma composição clástica representada por termos areníticos e sílticos, intercalados, por vezes, por níveis mais argilosos, destacando-se no cenário maranhense onde o Sistema Itapecuru, com seus termos areníticos, ganha destaque em termos de ocorrência em superfície ocupando a porção central e noroeste, sendo intensamente explotado por poços tubulares na Região Metropolitana de São luís; os demais sistemas estão distribuídos ao longo das porções leste e centro-sul, a exemplo do Corda (Leste), Corda (Central/leste), Pedra de Fogo (Sul/sudeste), Corda (Centro-sul e leste), Piauí (Leste/sul) e Pastos Bons (Leste).

O *Sistema Poti* encontra-se no extremo sudeste do Estado, em Barão de Grajaú em contato com o Sistema Piauí. Ao sul encontra-se recoberto pelos litotipos Urucuia e no extremo norte da bacia, pelos sedimentos Mesozoicos e Cenozoicos. A seção inferior é arenosa, constituída por arenitos finos a médios, de cores creme - esbranquiçadas, porosos, friáveis. No contato com o Sistema Longá, os arenitos são, por vezes, micáceos e esverdeados. A seção superior é caracterizada por uma alternância de siltitos cinzas e cinza - escuros, arenitos finos e médios esbranquiçados e amarelados, homogêneos ou com estratificação cruzada, com níveis subordinados de folhelhos e siltitos cinza – escuro e pretos, por vezes carbonosos, contendo restos vegetais carbonizados ou laminados de carvão.

O *Sistema Piauí* aflora em sua maior parte na região sudeste e sul do Maranhão, na área dissecada pelo rio Parnaíba e seus afluentes. Tanto seu contato inferior como superior são concordantes, o primeiro com o Sistema Longá e o segundo com o Sistema Pedra de Fogo. Predominam os arenitos finos e siltitos cinza - claros, amarelos e avermelhados bem estratificados, arenitos conglomeráticos. Na parte média aparecem intercalações de siltitos e folhelhos cinza - escuros e verdes.

O *Sistema Pedra de Fogo* aflora predominantemente ao sul. É constituído por arenitos, siltitos e folhelhos que se intercalam em proporções variadas, sendo os arenitos claros, finos a muito finos, enquanto os siltitos e folhelhos são de tonalidades vermelho - púrpura e verde, pouco micáceos; níveis de gipsita, calcários brancos e aragonitas ocorrem no topo deste sistema. Ocorre em grande parte recoberta discordantemente pelos Sistemas Sambaíba e Itapecuru. O contato inferior com o Piauí é concordante, enquanto seu contato superior com o Sambaíba é nitidamente discordante, sendo que certas áreas são marcadas por aglomerados de seixos de sílex.

O *Sistema Mosquito* é representado por derrames basálticos com intercalações de arenitos que afloram no rio Mosquito, ao sul de Fortaleza dos Nogueiras. Os derrames basálticos afloram principalmente na região centro-oeste da Bacia Hidrogeológica do Parnaíba, abrangendo a porção NW do Estado de Goiás e S – SW do Estado do Maranhão. Ocorrem, ainda, em faixas descontínuas, geralmente alinhadas nas direções W—E e SW-NE, nas proximidades de Riachão e Fortaleza dos Nogueiras; na serra das Alpercatas começam a adelgaçar até desaparecerem nas proximidades de São Raimundo das Mangabeiras.

O *Sistema Sambaíba* aflora por todo o sul do Estado, sendo representado por arenitos sobrepostos ao Sistema Pedra de Fogo. Seus termos litológicos são arenitos róseos e avermelhados, finos e médios, bem selecionados e arredondados com estratificação cruzada, pouco argiloso, com finas intercalações de sílex. O contato inferior com a Pedra de Fogo é nitidamente discordante, geralmente marcado por aglomerações basal de seixos de sílex.

O *Sistema Mutuca* ocorre aflorando em uma faixa contínua e relativamente estreita, margeando as escarpas da Bacia Hidrogeológica do Parnaíba, estendendo-se de leste para o este, sendo constituído por folhelhos avermelhados, com lentes delgadas de calcário e anidrita; encontram-se sobrepostos ao Pedra de Fogo. Segundo Diniz et al (2013), o Motuca consiste em níveis areníticos vermelhos a esbranquiçados, finos a médios, possuindo comportamento aquífero mas ressaltando-se a ocorrência de níveis argilosos no topo e siltitos e folhelhos na base, tonalidade vermelho-tijolo e micáceos, bem como lentes de gipsita no

meio. Tem espessura média de 130m, de caráter livre a semiconfinado, e os poços que captam esse aquífero possuem vazões entre 4 e 10 m³/h.

O *Sistema Pastos Bons* possuem áreas de exposição relativamente extensas. Litologicamente apresentam duas seções distintas: inferior e superior, sendo a inferior iniciada geralmente por um conglomerado basal, cuja deposição varia em função da natureza dos estratos subjacentes. A seção superior é mais arenosa, constituída predominantemente por arenito róseo e avermelhado, tendo localmente manchas esbranquiçadas, causadas por descoloração supergênica. O Sistema Pastos Bons jaz concordantemente sob o Sistema Corda.

O *Sistema Corda* aflora em uma faixa contínua ao longo de toda a região central, estendendo-se desde as proximidades do rio Araguaia até a margem esquerda do rio Parnaíba, nas vizinhanças de Teresina, estreitando-se nas vizinhanças de Grajaú, o que acarreta o adelgaçamento de sua espessura. A área, onde a unidade recobre os basaltos do Sistema Mosquito, apresenta geralmente sua faixa basal constituída por arenitos conglomeráticos marrom - avermelhados e arroxeados. Onde o Corda repousa diretamente sobre as outras formações mais antigas, estando ausentes os basaltos Mosquito, os conglomerados basais são pouco desenvolvidos e inexistentes, verificando-se apenas uma superfície de contato erodida acentuadamente ondulada.

O *Sistema Sardinha* é representado por basaltos e diabásios de cor preta e textura amigdaloidal, que se decompõem em material argiloso, vermelho – escuro e arroxeado, e possui sua área de ocorrência muito restrita, aflorando a sudoeste de Barra do Corda, entre as Malocas Sardinha e Baixão do Peixe, na margem esquerda do rio Corda e na bacia do rio Balseiro, afluente do Itapecuru, nas proximidades de Colinas – Paraibano. Sua espessura não foi medida, entretanto, estima-se que não ultrapasse 20m.

O *Sistema Codó* é constituído pelos folhelhos betuminosos associados a calcários que afloram no Vale do rio Itapecuru, na área de Codó e no Vale do Mearim e afluentes, a montante de Pedreiras. Ocorre sobreposto em concordância ao Sistema Corda e sotoposto ao Itapecuru, admitindo discordâncias locais. Outros autores o caracterizam como composto dominantemente por folhelhos negros, argilitos calcíferos, pelitos, calcários e arenitos com gipso de ambiente lagunar (PAZ; ROSSETTI, 2001; ROSSETTI et al., 2001 apud LOPES e TEIXEIRA, 2013). A seção inferior é constituída de conglomerados de pirita, passando a folhelhos cinza - esverdeados, fossilíferos e piritosos. A seção superior constitui-se por siltitos

e arenitos finos e calcíferos piritosos. As áreas deste sistema são geralmente restritas e descontínuas, normalmente ocupando os vales dos principais rios da porção central da Bacia Hidrogeológica do Parnaíba, estendendo-se desde a porção ao norte da confluência do Tocantins com o Araguaia até o Vale do Parnaíba, ao nordeste, próximo a Esperantina.

Apesar de receber denominação de *aquífero*, o Sistema Codó pode, em função básica de sua composição litológica de pelitos e carbonatos, apresentar-se em muitos locais como um *aquitardo* (Possui capacidade de armazenar água, mas a transmite a uma taxa muito baixa) e, regionalmente, tem uma baixa produtividade (MENTE, 2009). Possui espessura média de 70m, e a sua potencialidade em termos de captação da água subterrânea está restrita aos níveis arenosos, particularmente na seção superior do pacote (DINIZ et al., 2013).

O *Sistema Grajaú* aflora na porção centro - oeste e parte da área centro - norte da Bacia Hidrogeológica do Parnaíba, constituindo uma faixa relativamente estreita e descontínua, de direção aproximada E-W. seu limite oeste corresponde ao rio Tocantins estendendo-se para leste até o meridiano de 44º, próximo ao rio Itapecuru. É composta essencialmente de arenitos esbranquiçados a cremes, finos a conglomeráticos com estratificação cruzada laminar, grãos arredondados, friáveis e também endurecidos, silicificados. Ocorre sobreposta discordantemente aos Sistemas Sambaíba, Mosquito e Corda.

O *Sistema Itapecuru* estende-se praticamente por toda a metade norte, ocupando uma área de grande extensão do território estadual. Seus litotipos são arenitos finos, avermelhados, róseos, cinza – argilosos, geralmente com estratificação horizontal e ocasionalmente cruzada, com abundante silicificação na parte superior. Intercalam-se leitos de siltitos e folhelhos cinza – esverdeados e avermelhados. Em certas áreas aparece conglomerado basal contendo seixos alterados de basalto. O contato superior com a Formação Barreiras é discordante.

O *Sistema Longá* é constituído por folhelhos cinza-escuros, de pretos a roxos; siltitos argilosos; arenitos e siltitos de cinza-claros a esbranquiçados (LEITE, 1978) aflorando em pequenas áreas do nordeste e oeste do Maranhão.

O *Sistema Pimenteiras* pertence ao Grupo Canindé e é constituído por arenitos, siltitos e folhelhos de ambiente marinho raso, ocorrendo sotoposta ao Sistema Cabeças e sobreposta ao Sistema Serra Grande.

O *Sistema Serra Grande* é composto por rochas das Formações Ipu, Tianguá e Jaicós e somente uma área muito pequena dele aflora no noroeste do Maranhão e, juntamente com o Cabeças, ocorre a grandes profundidades, geralmente superiores a 1.000m. Ele é

predominantemente composto por areníticos com boas porosidades e permeabilidade, e no geral, seus litotipos são representados por termos diversos, a exemplo de arenitos, conglomerados, arenitos conglomeráticos e diamictitos, folhelhos, arenitos com intercalações de folhelhos e siltitos (CAPUTO; LIMA, 1984; GÓES; FEIJÓ, 1994). O Serra Grande e o Cabeças oferecem excelentes potenciais de captação de água subterrânea por poços profundos, com vazões extremamente elevadas observadas na Bacia Hidrogeológica do Parnaíba, sendo confinados respectivamente pelos Sistemas Pimenteiras e Longá. Feitosa e Demétrio (1990) trabalhando no Vale do Gurguéia/PI, consideram para este aquífero uma espessura de pelo menos 480m constituída predominantemente por arenitos grosseiros, com alguns níveis sílticos e seixos de quartzo (Níveis conglomeráticos), com coeficientes de transmissividade (T) e de armazenamento (S) de $T = 6{,}0 \times 10^{-3}$ m²/s e $S = 1{,}0 \times 10^{-4}$.

Acima deste conjunto confinado, ocorrem os aquíferos mais produtivos explotados no estado, sendo eles o Poti-Piauí, Sambaíba, Corda, Grajaú e Itapecuru, separados, entre si, por outros menos produtivos, constituídos pelos Sistemas Pedra de Fogo, Pastos Bons, Motuca, Codó e as unidades potencialmente não aquíferas, como os derrames basálticos e outros corpos ígneos e metamórficos em geral (DINIZ et al., 2012).

Não se tem estudos regionais de caracterização dos sistemas hidrogeológicos da Bacia Hidrogeológica do Parnaíba no âmbito do Estado do Maranhão. Em se tratando de conhecimento das águas subterrâneas neste contexto, os trabalhos de referência encontram-se no Piauí, principalmente quando nos reportamos aos Aquíferos Cabeças e Serra Grande. Assim, para exemplificar, merece destaque os trabalhos realizados no Vale do Gurguéia, região localizada ao sul piauiense, que se destaca em função das centenas de poços artesianos jorrantes que captam esses dois aquíferos, sendo objeto de estudo hidrogeológico desde 1973, período em que o Consórcio COTEP (OESA-TECNOSOLO-OTI-EPTISA) foi contratado e desenvolveu para o DNOCS – Departamento de Obras Contra as Secas, o Projeto "*Estudos de Reconhecimento do Vale do Gurguéia"*. Outros estudos foram desenvolvidos junto com a CPRM e a ATEPE/LABID (Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco) (COSTA et al, 1990). A **Figura 3.2** ilustra a geometria hidrogeológica respaldada nos perfis litológicos dos poços tubulares da região do Gurguéia, observando-se, de cima para baixo, a disposição das Formações Poti, Longá, Cabeças, Pimenteiras, Serra Grande e embasamento cristalino a aproximadamente 1000m de profundidade.

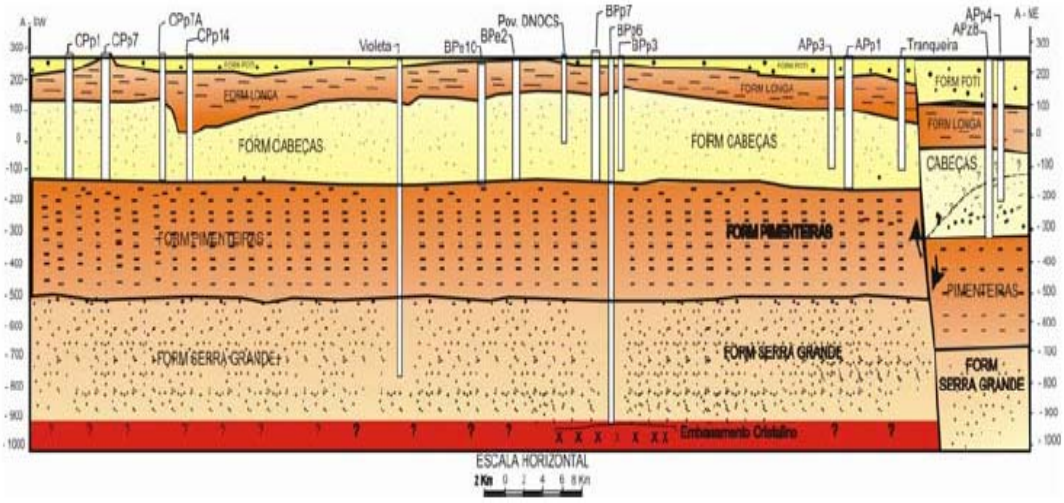


Figura 3.2 - Perfil geológico a partir dos perfis litológicos de poços ilustrando a configuração hidrogeológica do Vale do Rio Gurguéia - PI, entre Cristino Castro (A-SW) e Aliança do Gurguéia (A`- NE), Piauí (FEITOSA, 1990).

A ATEPE/LABID, no período de 1986/88, realizou 20 (Vinte) testes de aquíferos nos poços que captam o Aquífero Cabeças, com vazões entre 320 e 600 m³/h (FEITOSA et al, 1990). Ressalta-se que, no Aquífero Cabeças, os poços foram totalmente penetrantes, alcançando o topo da Formação Pimenteiras a profundidades diferenciadas onde a espessura média na área confinada é da ordem de 280m e, na área aflorante, a espessura média é de 150m mas em alguns pontos chega a atingir 400m, e as vazões oscilaram de 262 a 600m³/h. Ele se apresenta confinado e não-drenante, não se observando quaisquer evidências de recarga hídrica no decorrer dos testes, sendo obtidos valores médios para os Coeficientes de Transmissibilidade (T) de 1,33 x 10^{-2} m²/s e de Armazenamento (S) igual a 3,74 x 10^{-4}. O coeficiente de permeabilidade (K) foi de 5,89 x 10^{-5} m/s, considerado representativo regionalmente. Finalmente, as análises de águas do Cabeças, interpretadas para uso na irrigação, são classificadas no *Diagrama do US Salinity Laboratory* como C_1 - S_1, ou seja, com baixo teor salino e de excelente qualidade para uso na irrigação.

O *Sistema Urucuia* ocorre no extremo sul do Maranhão, sendo representado por arenitos que recobrem discordantemente as demais unidades litoestratigráficas, considerada de idade Cretácea e equivalente à Formação Itapecuru. Topograficamente destaca-se das demais formações circunvizinhas por formar vastos platôs ou chapadas tabuliformes, de encostas escarpadas, constituindo três patamares sucessivos bem distintos. O Urucuia mostra uma sequência monótona de arenitos, com raras intercalações de sílex e fácies carbonáticos inexpressivos em arenito basal. Segundo Campos e Gaspar (2007), o Sistema Aquífero

Urucuia representa uma associação aquífera em arenitos flúvio-eólicos do Grupo Urucuia, do Neocretáceo da Bacia Sanfranciscana e, apesar de ser um importante sistema de águas subterrâneas no Cerrado brasileiro, ele ocorre no território maranhense apenas na região do extremo sul, sendo explotado de forma mais significativa no oeste baiano.

O *Sistema Cristalino* ocorre na porção noroeste sendo representadas por rochas magmáticas intrusivas ou plutônicas (Granitos, granodioritos e gabros) e por rochas metamórficas (Quartzitos, migmatitos e gnaisses) que atingem aproximadamente 10% da área maranhense. Segundo Maranhão (2002), o Complexo Cristalino Indiviso aflora em área restrita entre Bacuri, Turiaçu, Godofredo Viana, Cândido Mendes, Luís Domingues, Carutapera, Amapá do Maranhão e Boa Vista do Gurupi (Extremo Noroeste do Maranhão) e entre Bacabeira, Rosário, Axixá, Morros, Icatu, Presidente Juscelino e Cachoeira Grande (Área contígua ao Baixo Munim, na porção central da Norte do Estado).

O Grupo Gurupi ocorre nos municípios do extremo Noroeste do Maranhão, como Boa Vista do Gurupi, Junco do Maranhão, Maracaçumé, Maranhãozinho, Santa Luzia do Paruá, Centro do Guilherme e Centro Novo do Maranhão. Os Granitos Brasilianos ocorrem de modo restrito ao Noroeste Maranhense, aflorando em Governador Nunes Freire, Maranhãozinho e Maracaçumé.

No geral, a recarga atual dos sistemas hidrogeológicos maranhenses ocorre predominantemente através da precipitação pluviométrica que apresenta uma distribuição espacial com isoietas que oscilam entre 1200 e 2100 mm/ano, rios perenes influentes e corpos d`água que possam interagir com os aquíferos. Além disso, devem ser levados em consideração os grandes volumes perdidos dos sistemas de distribuição de água, haja vista que a perda média estimada no Brasil é de 40%, representando um aporte hídrico significativo para a subsuperfície; outro volume de água que não pode deixar de ser contabilizado como recarga de água subterrânea são aqueles provenientes do sistema sanitário, onde a recarga é significante nos meios urbanos com alta densidade populacional e comercial.

Os exutórios dos sistemas hidrogeológicos maranhenses podem ser vinculados a evaporação, evapotranspiração, drenagens efluentes, fontes e pela explotação da água através dos poços. Convém ressaltar que, quanto mais profundo for o nível estático menor será a influência dos fatores hidroclimáticos porém, se tem dentre os sistemas aqueles considerados freáticos, rasos, a exemplo das manchas Aluvionares, Dunas, Sedimentos Litorâneos e Barreiras que ocupam significante área na faixa costeira e onde a influência da evaporação, por exemplo, pode ser significante. Ressalta-se, ainda, que em pesquisas realizadas em campo pelo

Laboratório de Hidrogeologia do Departamento de Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, no Sistema Dunas na região de Pecém – Região Metropolitana de Fortaleza/Ceará foi diagnosticado um rebaixamento de 1,3m/ano no nível d`água subterrâneo pelo efeito climatológico.

O banco de dados das águas subterrâneas no Brasil é o SIAGAS/CPRM e até 01/10/2018 foram cadastrados 11.618 poços no Maranhão, com 9.137 poços em uso, cujos dados de profundidade, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água estão apresentados na **Tabela 3.2**. Ressalta-se que, segundo o SIAGAS, o poço mais antigo foi cadastrado em 31/10/2008 e encontra-se localizado em Boa Vista - município de Barreirinhas, pertence a Prefeitura Municipal, possui 60,0m de profundidade e foi instalado em 14/06/1905.

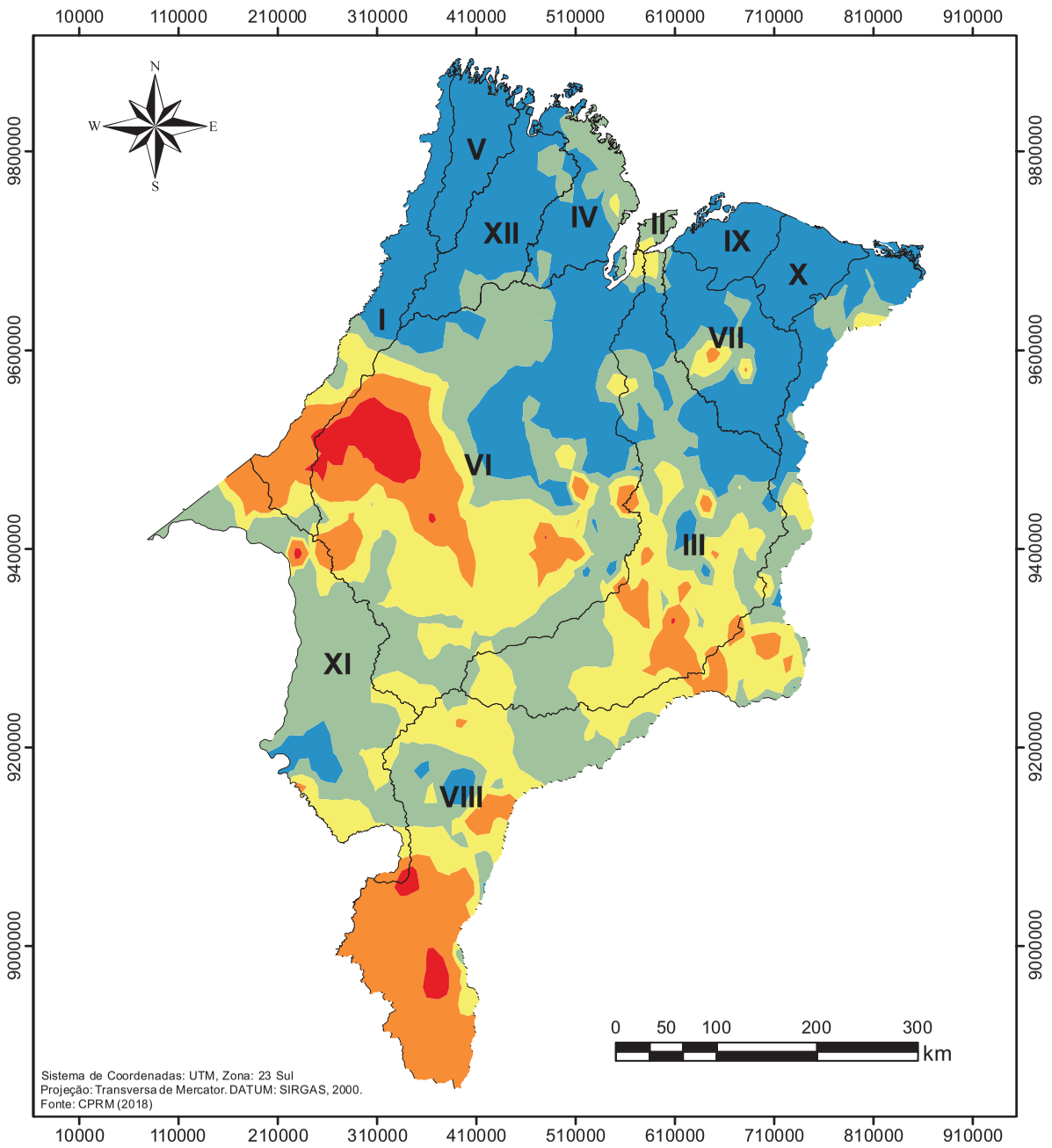
Tabela 3.2 - Poços tubulares do Estado do Maranhão cadastrados no SIAGAS (01/10/2018).

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo	Nº. de dados
NE (m)	25,04	0,07	420,00	2442
Prof. (m)	97,08	1,85	960,00	9799
Q (m^3/h)	8,30	0,30	95,00	493
CE (uS/cm)	330,76	17,11	1990,00	9357

LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea.

O nível estático reflete a profundidade em que são encontradas as águas subterrâneas. No Maranhão, os dados do SIAGAS mostram que elas se encontram a profundidades que chegam a 420,0m porém a profundidade média calculada com 2.442 dados é de 25,04m (**Tabela 3.2**).

A **Figura 3.3** representa um mapa tendencial do posicionamento do nível estático, onde os valores anômalos acima de 208,0m (**Tabela 3.3**) foram retirados a fim de não interferirem no traçado do zoneamento, se observando nitidamente a predominância do nível estático inferior a 15,0m na porção norte do Maranhão, possuindo um comportamento essencialmente freático (raso). Tal comportamento ocupa, total ou predominantemente, as áreas das Bacias Hidrográficas do Litoral Ocidental (IV), Turiaçu (XII), Periá (IX) e Preguiças (X), e a região norte das Bacias Gurupi (I) e Parnaíba (VIII). É importante ressaltar, ainda, que valores anômalos que chegam a 420m de profundidade é extremamente anormal, mas constam no SIAGAS e, desta forma, optou-se por colocá-los como informação.



LEGENDA

Nível estático (m)

- ≥ 0,1 < 15
- ≥ 15 < 30
- ≥ 30 < 50
- ≥ 50 < 100
- ≥ 100 ≤ 208

Nº de dados: 2.436

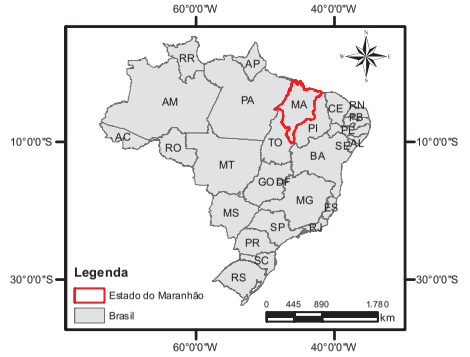
Bacias Hidrográficas



Legenda

- Gurupi
- Ilhas Maranhenses
- Itapecuru
- Litoral Ocidental
- Maracaçumé
- Mearim
- Munim
- Parnaíba
- Periá
- Preguiças
- Tocantins
- Turiaçú

Localização do Maranhão em relação ao Brasil



Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.3

Mapa Do Nível Estático (m) Das Águas Subterrâneas Do Estadodo Maranhão

Este comportamento reflete, em termos de águas subterrâneas, um nível raso que, se associado a um domínio de sedimentos arenosos e siltosos, com boa porosidade e boa permeabilidade, podem propiciar a definição de um sistema de alta vulnerabilidade a poluição antrópica. Apesar de não se ter a localização exata das fontes potenciais de poluição antrópica, ressalta-se a necessidade do entendimento maior dos comportamentos dos potenciais poluentes que podem ser gerados, particularmente aqueles considerados como os mais nocivos a saúde humana.

Tabela 3.3 - Valores anômalos de nível estático no Estado do Maranhão

Nível estático (m)	Município
420,0	Açailândia
336,0	São Domingos do Maranhão
245,0	Fortaleza dos Nogueiras
227,0	Jenipapo dos Vieiras
217,0	Fortaleza dos Nogueiras
211,1	Santa Luzia

Fonte: SIAGAS (2018).

As águas subterrâneas na porção centro/sul do Maranhão encontram-se a profundidades entre 15 a 20m, predominando juntamente com a ocorrência da água a profundidades de 20 a 50m à medida em que se migra para a região sul. Na parte central, sentido grosseiro Leste-Oeste, observa-se a presença de águas a profundidades entre 50 a 100m, enquanto que na porção oeste e ao sul se tem a ocorrência das águas mais profundas, onde o nível estático ocorre entre 100 a 208m.

À medida em que as águas subterrâneas ficam mais profundas, é lógico compreender que ficam, também, mais protegidas das fontes poluidoras antrópicas mas, convém ressaltar que um poço tubular, sem projeto técnico responsável, pode funcionar como condutor hidráulico de poluição, conectando as águas mais rasas, potencialmente mais susceptíveis de sofrerem impactos negativos dos poluentes, aos níveis mais profundos, potencialmente mais protegidos naturalmente das fontes antrópicas superficiais.

Não existe no Maranhão uma classificação dos poços em relação a profundidade mas, adota-se, aqui, as seguintes classes: 1ª. *Poço raso* – poço que possui profundidade de até 20,0m; 2ª. *Poço medianamente profundo* – poço com profundidade entre 20,0 a 60,0m; 3ª. *Poço profundo* – poço com profundidade acima de 60,0m. Em função direta da presença de camadas geológicas sedimentares na Bacia Hidrogeológica do Parnaíba, no Estado do

Maranhão, que somadas alcançam espessura de 3.000 a 3.500m permitindo, assim, a construção de poços tubulares profundos, observa-se que existe uma profundidade máxima de poços de 960,0m; a mínima é de 1,85m e não reflete profundidade de poço tubular mas, sim, daquele construído manualmente e que recebe a denominação de "cacimba" e, finalmente, a profundidade média obtida de 9.799 dados é de 97,08m (**Tabela 3.2**).

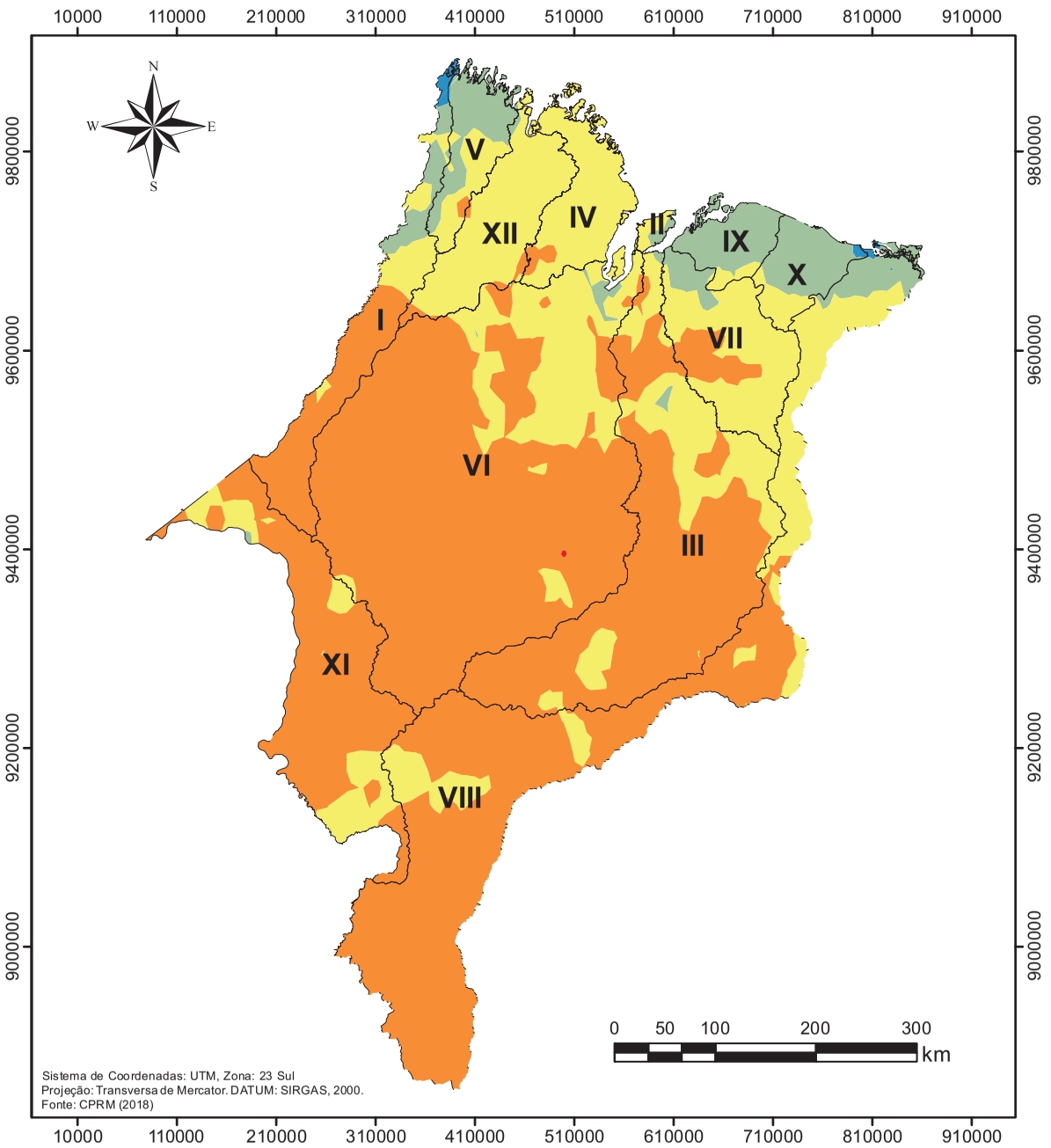
A **Figura 3.4** representa um mapa de zoneamento potencial da profundidade dos poços no Estado do maranhão. A **Tabela 3.4** contém os poços com valores anômalos de profundidades de poços tubulares no Maranhão, acima de 600m chegando a 960m.

Tabela 3.4 - Profundidades de poços tubulares consideradas anômalas no Maranhão

Profundidade (m)	Município
606,0	Arame
711,0	Arame
735,0	Cachoeira Grande
800,0	Caxias
800,0	Paulo Ramos
900,0	Godofredo Viana
960,0	Conceição do Lago Açu

Fonte: SIAGAS (2018)

Observa-se que os poços tubulares rasos encontram-se localizados no setor noroeste e nordeste da faixa costeira maranhense. Tal fato é plenamente justificável haja vista a ocorrência dos Sistemas Hidrogeológicos Dunas e Sedimentos Litorâneos, geralmente com pequenas espessuras dos pacotes sedimentares, nível estático freático, inúmeras vezes sub-aflorantes, permitindo a captação da água subterrânea através de poços com até 20m de profundidade. Embora a escala em que foi concebido o mapa de profundidade dos poços não permita a visualização das manchas aluvionares, pois não tem por base os sistemas aquíferos, neste também é passível de se encontrar poços tubulares rasos e, mais comumente, poços construídos manualmente (Cacimbas) utilizados pelas populações de baixa renda.



LEGENDA

Profundidade (m)

- ≥ 0,1 < 20
- ≥ 20 < 50
- ≥ 50 < 100
- ≥ 100 < 300
- ≥ 300 ≤ 600

Nº de dados: 9.792

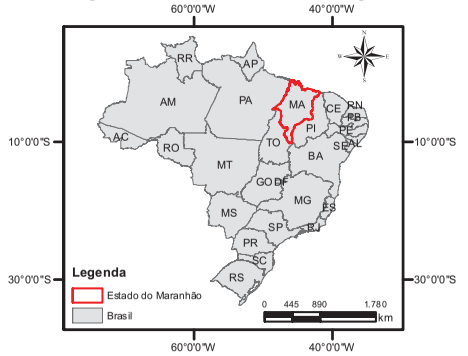
Bacias Hidrográficas



Legenda

- Gurupi
- Ilhas Maranhenses
- Itapecuru
- Litoral Ocidental
- Maracaçumé
- Mearim
- Munim
- Parnaíba
- Perió
- Preguiças
- Tocantins
- Turiaçú

Localização do Maranhão em relação ao Brasil



Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

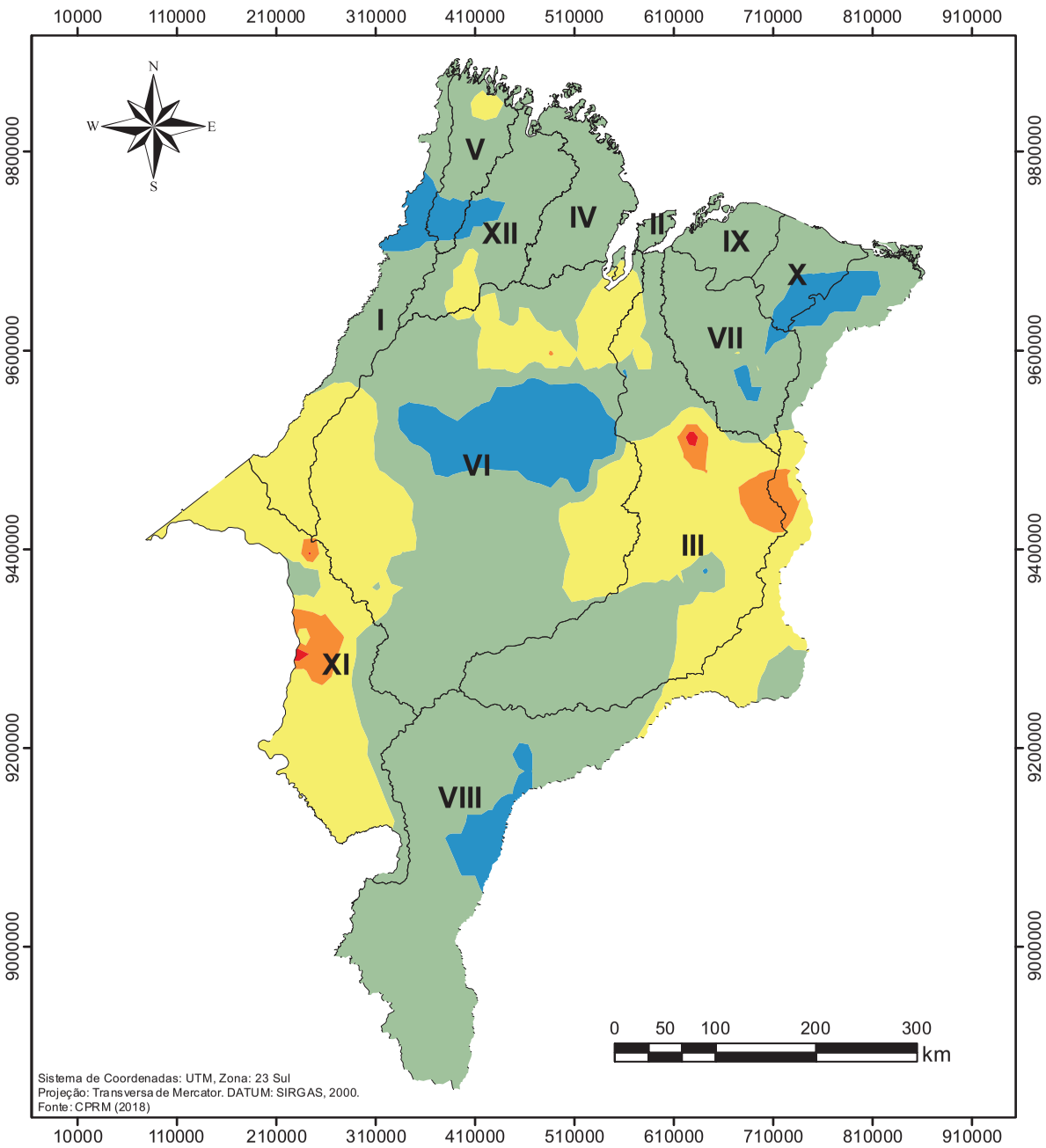
Figura 3.4

Mapa da Profundidade (m) dos Poços do Estado do Maranhão

Na porção norte predominam os poços tubulares de 50 a 100m de profundidade, captando predominantemente o Sistema Itapecuru. São poços construídos com sistema de perfuração de maquinário pesado (Métodos percussivo, rotativo e rotopneumático) que operam possibilitando um diâmetro de perfuração entre 8 e 12" e diâmetro de poço predominantemente de 6" revestidos com tubos geomecânicos. Ressalta-se, porém, que pode ocorrer a construção do poço por empresas não especializadas, propiciando ao cliente um poço construído sem critério técnico e, muitas vezes, utilizando tubos PVC comumente utilizados na construção civil sem recomendação técnica para poços tubulares, segundo as normas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Observa-se que da parte central para a região sul, predominam no Maranhão os poços tubulares com profundidades que oscilam entre 100 e 300m. Normalmente tais obras exigem maior conhecimento sobre a hidrogeologia local e devem ser construídos por empresas especializadas que possam acompanhar um pré-projeto com os parâmetros técnicos-construtivos. O diâmetro do poço muda, no geral, para 8 a 10", podendo chegar a 12" ou 14", e os sistemas aquíferos captados devem ceder vazões significantes propiciando um boa relação custo x benefício. Mesmo captando o sistema aflorante, pelas profundidades dos poços se pode estimar que aqueles com maiores profundidades devem estar captando os aquíferos mais profundos e, portanto, com elevadas chances de obterem maiores vazões. Observa-se que existe um ponto localizado na porção central do território maranhense (Bacia Hidrográfica do Mearim - VI) com poço tubular de profundidade entre 300 e 600m, tendo sido construído onde o Sistema Itapecuru aflora.

A **Figura 3.5** mostra o zoneamento potencial das vazões dos poços no Maranhão. Observa-se que, predominantemente, ocorrem as vazões compreendidas entre 5 a 10 m^3/h distribuindo-se do norte, passando pela zona central e ocupando a região sul. Secundariamente se tem os poços com vazões entre 10 a 20 m^3/h que ocupam pequena área ao norte, com predominância no leste e oeste. Em terceiro lugar, observa-se a ocorrência de poços com vazões que oscilam de 0,3 a 5m^3/h nas áreas central, nordeste, noroeste e sul do Maranhão. Finalmente, as maiores vazões e que oscilam de 30 a 65m^3/h são encontradas em pequenas áreas ao leste e ao sudoeste do espaço maranhense. As maiores vazões de poços tubulares encontradas no SIAGAS (2018) são de 80 m^3/h (Munícipio de Codó) e de 95m^3/h (Município de Senador La Roque).



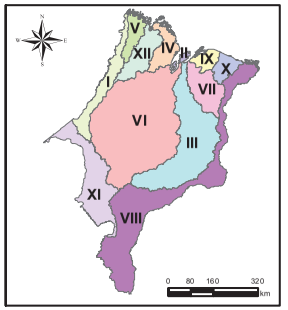
LEGENDA

Vazão (m^3/h)

- ≥ 0,3 < 5
- ≥ 5 < 10
- ≥ 10 < 20
- ≥ 20 < 30
- ≥ 30 ≤ 65

Nº. de dados: 491

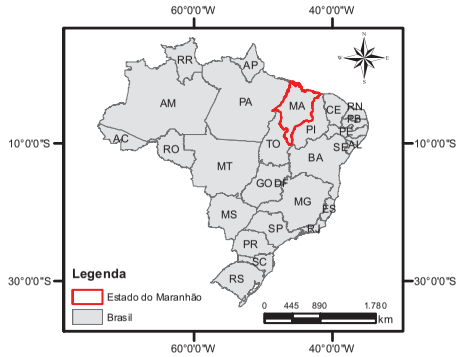
Bacias Hidrográficas



Legenda

- Gurupi
- Ilhas Maranhenses
- Itapecuru
- Litoral Ocidental
- Maracaçumé
- Mearim
- Munim
- Pamaíba
- Perió
- Preguiças
- Tocantins
- Turiaçú

Localização do Maranhão em relação ao Brasil



Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.3

Mapa Da Vazão (m/h) Das Águas Subterrâneas Do Estado Do Maranhão

Tabela 3.5 - Natureza dos pontos d`água por bacia hidrográfica no Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Natureza dos pontos d`água no Estado do Maranhão					Total
	Poço Escavado	Poço Tubular	Poço Amazonas	Fonte	Não Informado	
I - Bacia Gurupi	7	440	_	_	_	447
II - Bacia Ilhas Maranhenses	_	2	_	_	_	2
III - Bacia Itapecuru	9	2134	24	8	13	2188
IV - Bacia Litoral Ocidental	3	731	_	1	3	738
V - Bacia Maracaçumé	9	458	_	_	_	467
VI - Bacia Mearim	14	3759	35	8	21	3837
VII - Bacia Munim	3	652	7		1	663
VIII - Bacia Parnaíba	24	2011	29	7	23	2094
IX - Bacia Periá	_	90	_	_	_	90
X - Bacia Preguiças	1	233	_	_	_	234
XI - Bacia Tocantins	2	513	_	_	_	515
XII - Bacia Turiaçu	_	328		_	2	330
Total	***72***	***11351***	***95***	***24***	***63***	***11605***

Fonte dos dados: SIAGAS, 2018

A **Tabela 3.6** e a **Figura 3.6** mostram a evolução da instalação dos poços no âmbito do estado do Maranhão, definindo-se claramente a prática de captação de água subterrânea na evolução temporal, reflexo da procura maior pelos particulares e/ou implantação maior de projetos governamentais no âmbito das águas subterrâneas.

Tabela 3.6 - Período de instalação dos poços tubulares no Estado do Maranhão

Período da instalação do poço	Nº de dados
1905 - 1931	04
1948 - 1949	02
1960 - 1969	08
1970 - 1979	31
1980 - 1989	334
1990 - 1999	1.238
2000 - 2017	3.417

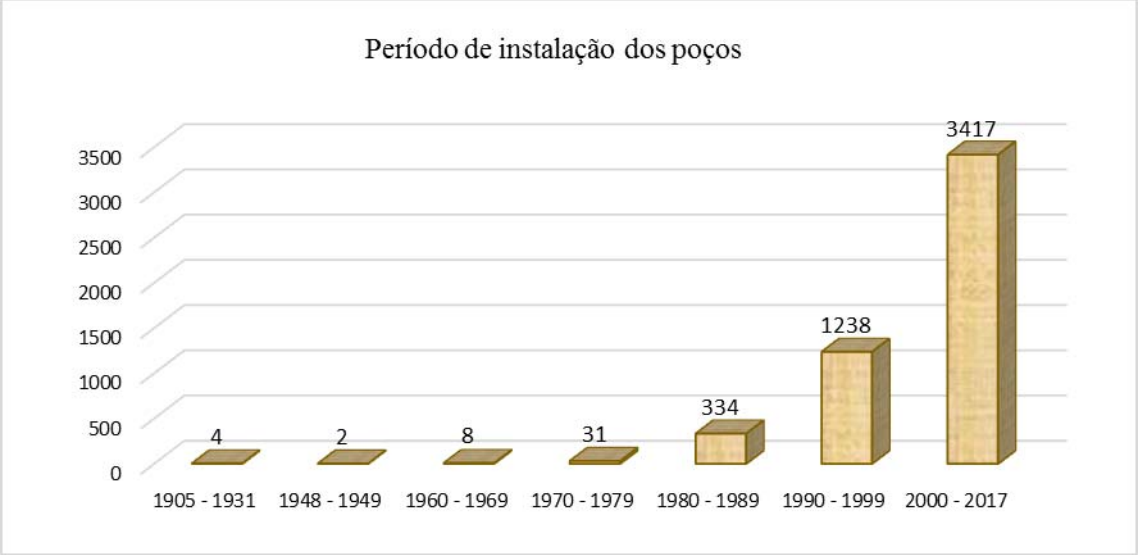


Figura 3.6 - Período de instalação dos poços tubulares no Estado do Maranhão

Um dos pontos discutidos em âmbito estadual é a situação operacional dos poços. A **Tabela 3.7** mostra este comportamento por bacia hidrográfica e observa-se que dos 11.467 poços com dados, 9.125 (79,57%) estavam em operação no momento em que foram cadastrados e destes, 3.053 poços (33,45%) estão localizados na Bacia Mearim, 1.695 (18,57%) na Bacia Itapecuru e 1.683 (18,44%) na Bacia Parnaíba. Percebe-se, ainda, que 555 poços (4,83%) não estão instalados por motivos diversos (falta de equipamento, falta de energia etc), 423 (3,68%) estão abandonados, 202 (1,76%) encontram-se obstruídos e 1.162 (10,13%) estão paralisados.

Tabela 3.7 - Situação dos poços por bacia hidrográfica no Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Situação dos poços no Estado do Maranhão					Total
	Em operação	Não instalado	Abandonado	Obstruído	Paralisado	
I - Bacia Gurupi	370	23	21	03	27	444
II - Bacia Ilhas Maranhenses	_-	_-	-_	01	01	02
III - Bacia Itapecuru	1.695	96	101	26	237	2.155
IV - Bacia Litoral Ocidental	549	41	22	25	99	736
V - Bacia Maracaçumé	377	31	10	2	44	464
VI - Bacia Mearim	3053	179	134	63	373	3.802
VII - Bacia Munim	478	42	13	31	91	655
VIII - Bacia Parnaíba	1.683	92	76	22	167	2.040
IX - Bacia Periá	68	01	03	03	15	90
X - Bacia Preguiças	204	14	-	04	12	234
XI - Bacia Tocantins	405	17	34	15	44	515
XII - Bacia Turiaçu	243	19	09	07	52	330
Total	***9.125***	***555***	***423***	***202***	***1.162***	***11.467***

Fonte dos dados: SIAGAS, 2018

Porém, se compararmos os poços em operação em relação ao total de poços que cada bacia hidrográfica possui, verifica-se que a Bacia do Parnaíba possui 2.040 poços e, destes, 82,50% (1.683) estão em operação**;** a Bacia do Mearim vem em primeiro lugar em número de poços (3.802) mas em segundo lugar em termos de número de poços em operação, com 3.053 (80,24%) e, finalmente, a Bacia do Itapecuru possui 2.155 poços porém, destes, somente 1.695 (78,65%) estão em operação. No geral, as bacias com menos de 800 poços possuem entre 72 a 87% dos seus poços em operação, destacando-se a Bacia do Preguiças com 87,17% (204 poços) e a Bacia do Munim com 72,97% (478 poços), excluindo-se a Bacia das Ilhas Maranhenses que praticamente não teve seus poços cadastrados.

Em relação aos sistemas de bombeamento instalados nos poços do Estado do Maranhão (**Tabela 3.8**), verifica-se que dos 11.605 dados trabalhados, 1.627 (14,01%) não possuem esta informação. Dos 9.978 poços com informações, observa-se que 6.711 (67,25%) são instalados com bombas submersas, 2.166 (21,70%) com compressores, 756 (7,57%) com bombas injetoras, 171 (1,71%) com bombas manuais, 164 (1,64%) com bombas centrífugas e somente 10 (0,10%) possuem suas águas captadas por poços que utilizam cataventos. O uso de bombas submersas na grande maioria dos poços reflete uma instalação mais recente, enquanto o uso de compressores ocorre nos poços instalados há mais tempo, e os poços rasos que captam águas freáticas utilizam bombas manuais e cataventos sendo geralmente construídos nas manchas dos Sistemas Dunas e Aluvionares.

Tabela 3.8 - Sistemas de bombeamento instalados nos poços no Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema de bombeamento nos poços no Estado do Maranhão							Total
	Centrífuga	Compressor	Catavento	Injetora	Manual	Submersa	Não informado	
I - Bacia Gurupi	01	84	-	22	01	281	58	447
II - Bacia Ilhas Maranhenses	_-	01	_-	_-	_-	-_	01	02
III - Bacia Itapecuru	07	321	-	52	26	1.478	304	2.188
IV - Bacia Litoral Ocidental	08	225	-	40	03	349	113	738
V - Bacia Maracaçumé	11	65	04	170	13	153	51	467
VI - Bacia Mearim	17	875	-	251	16	2.167	511	3.837
VII - Bacia Munim	05	270	-	14	07	250	117	663
VIII - Bacia Parnaíba	61	126	02	111	51	1.455	288	2.094
IX - Bacia Periá	05	26	-	04	-	43	12	90
X - Bacia Preguiças	35	18	-	44	51	55	31	234
XI - Bacia Tocantins	01	72	_	02	02	349	89	515
XII - Bacia Turiaçu	13	83	04	46	01	131	52	330
Total	***164***	***2166***	***10***	***756***	***171***	***6.711***	***1.627***	***11.605***

Fonte dos dados: SIAGAS, 2018

Em relação ao uso das águas subterrâneas, tem-se na **Tabela 3.9** os dados para o Maranhão onde ressalta-se que dos 11.618 cadastrados no SIAGAS até começo de Outubro/2018, 10.091 possuem informações sobre o direcionamento de uso. Desses, 2141 poços (21,21%) captam águas para uso essencialmente doméstico, 86 (0,85%) para a indústria e 28 (0,27%) para irrigação; que 6962 poços (69%) são utilizados no meio urbano e os usos das águas subterrâneas direcionados para a recreação (3 poços), pecuária (4 poços) e outros são mínimos, ficando claro a falta de conhecimento sobre as vantagens dos usos das mesmas em qualidade, quantidade e preço (o recurso hídrico mais barato no mundo) e também não informa sobre os recursos financeiros para a construção de poços tubulares.

3.1.3. As Águas Subterrâneas por Bacia Hidrográfica

Neste item, conforme solicitado para o Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Estado do Maranhão, além do capítulo onde se abordou, de modo geral, as águas subterrâneas no Estado do Maranhão, elas também serão expostas através de seus sistemas hidrogeológicos por região hidrográfica maranhense, ou seja, por bacia hidrográfica representando a unidade de gestão de recursos hídricos.

Tabela 3.9 - Direcionamento do uso das águas subterrâneas no Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Uso da água dos poços no Estado do Maranhão														
	Doméstico	Doméstico/ Animal	Doméstico/ Irrigação	Doméstico/ Irrigação/Animal	Irrigação	Industrial	Animal	Pecuária	Recreação	Industrial/ Comercial	Comercial	Urbano	Múltiplos	Outros	Sem uso
I - Bacia Gurupi	101	94	9	1	1	20	_	_	_	_	_	152	_	5	_
II - Bacia Ilhas Maranhenses	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
III - Bacia Itapecuru	157	133	7	3	4	20	_	_	_	1	1	1521	19	2	5
IV - Bacia Litoral Ocidental	63	6	1	_	5	4	1	_	_	_	_	532	_	1	_
V - Bacia Maracaçumé	229	26	_	_	2	1	_	_	_	_	_	146	23	_	_
VI - Bacia Mearim	790	152	8	1	5	9	_	1	_	_	_	2425	5	9	3
VII - Bacia Munim	57	11	_	_	1	1		1	_	_	_	472	3	1	7
VIII - Bacia Parnaíba	513	128	58	4	7	18		2	2	1		1096	1	14	_
IX - Bacia Periá	6	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	68	_	_	_
X - Bacia Preguiças	111	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	107	_	1	_
XI - Bacia Tocantins	66	80	4	_	2	10	_	_	1	_	_	247	_	8	_
XII - Bacia Turiaçu	48	6	_	_	1	3	_	_	_	_	_	196	23	1	_
Total	***2141***	***636***	***87***	***9***	***28***	***86***	***1***	***4***	***3***	***2***	***1***	***6962***	***74***	***42***	***15***

Fonte dos dados: SIAGAS, 2018

3.1.3.1. Bacia do Gurupi

As águas subterrâneas da Bacia do Gurupi são representadas pelo Domínio das Coberturas Indiferenciadas (Depósitos Litorâneos e Coberturas Indiferenciadas), Domínio Sedimentar Predominantemente Clástico (Bacia do Parnaíba e Barreiras), Domínio Cristalino (Cristalino e Metassedimentos) e Domínio Misto (Poroso-Fissural) (**Figura 3.7**). Quanto a classificação por sistemas hidrogeológicos, a **Figura 3.8** ressalta a ocorrência dos Sedimentos Litorâneos, Barreiras, Itapecuru, Serra Grande e Cristalino cujas áreas de ocorrência constam na **Tabela 3.10**, onde se observa a predominância do Sistema Itapecuru com 12.955,3 km² (81,45%), seguido do Cristalino com 2.628,72km² (16,47%).

Tabela 3.10 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia do Gurupi

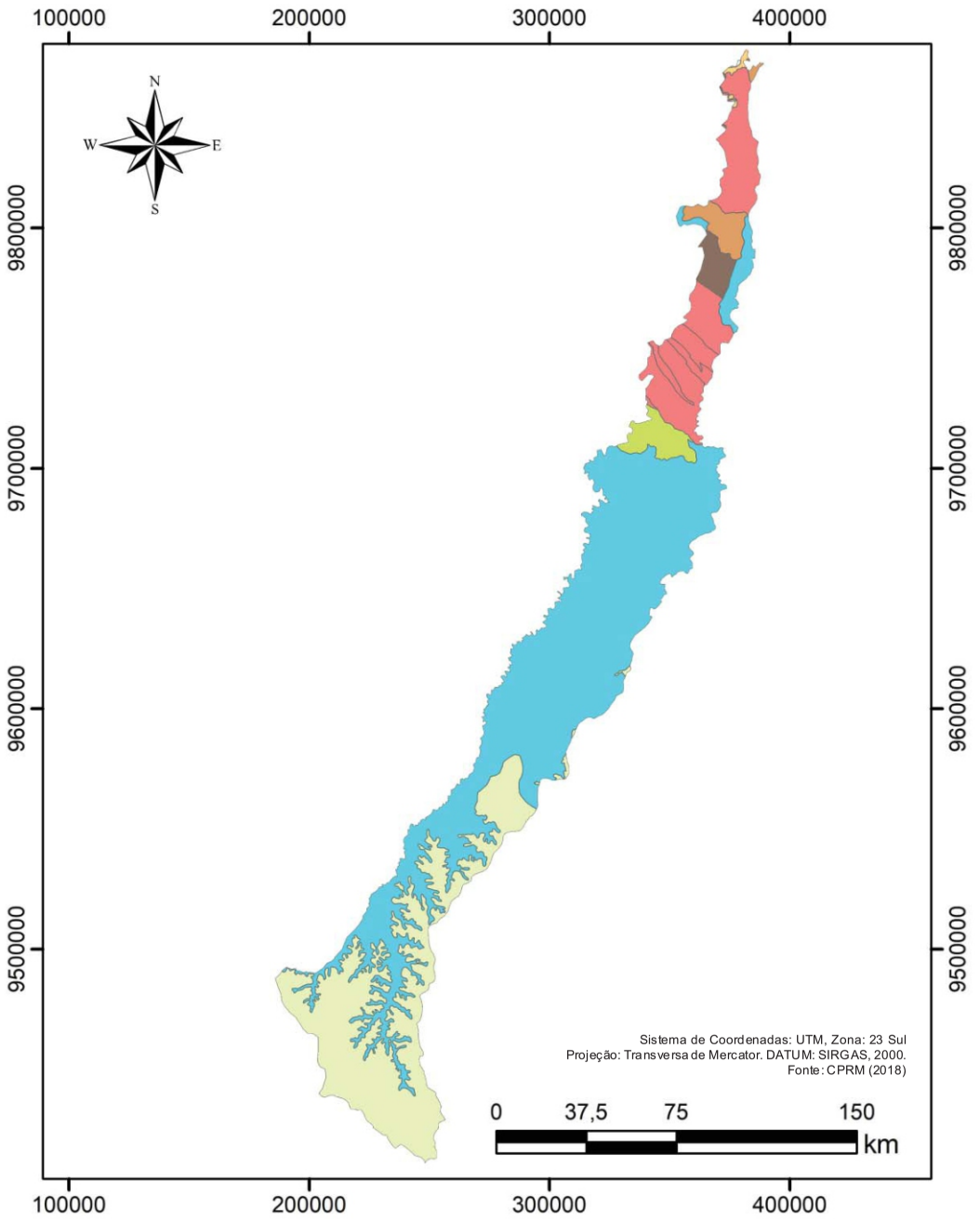
Aquífero	Área (km^2)
Sedimentos Litorâneos	20,378
Barreiras	305,316
Itapecuru	12.955,264
Serra Grande	44,223
Cristalino	2.628,729
TOTAL	***15.953,910***

A **Tabela 3.11** mostra os dados dos poços localizados na Bacia do Gurupi, onde ressalta-se a ocorrência da água subterrânea a uma profundidade máxima de 150m, de poço tubular com profundidade de até 396m, vazões que alcançam 21,4 m³/h e águas que chegam a possuir condutividade elétrica de 1.058 uS/cm a 25ºC e STD em torno de 635 mg/L, dentro do padrão (STD até 1.000 mg/L) admissível para águas potáveis para consumo humano no Brasil. Ressalta-se, ainda, que dos 447 poços cadastrados nesta bacia, 370 (82,77%) deles encontravam-se em uso à época do cadastramento.

Tabela 3.11 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia de Gurupi

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo	Nº. de dados
Prof. (m)	105,89	7,00	396,00	335
NE (m)	39,33	1,55	150,00	86
Q (m^3/h)	4,90	1,30	21,40	12
CE (uS/cm)	144,66	31,52	1.058,00	388

OBS: 370 poços em uso
LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea.



Domínios Hidrogeológicos

- Depósitos litorâneos
- Coberturas Indiferenciadas
- Bacia do Parnaíba
- Barreiras
- Cristalino
- Metassedimentos-Metavulcânicas
- Poroso/Fissural

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

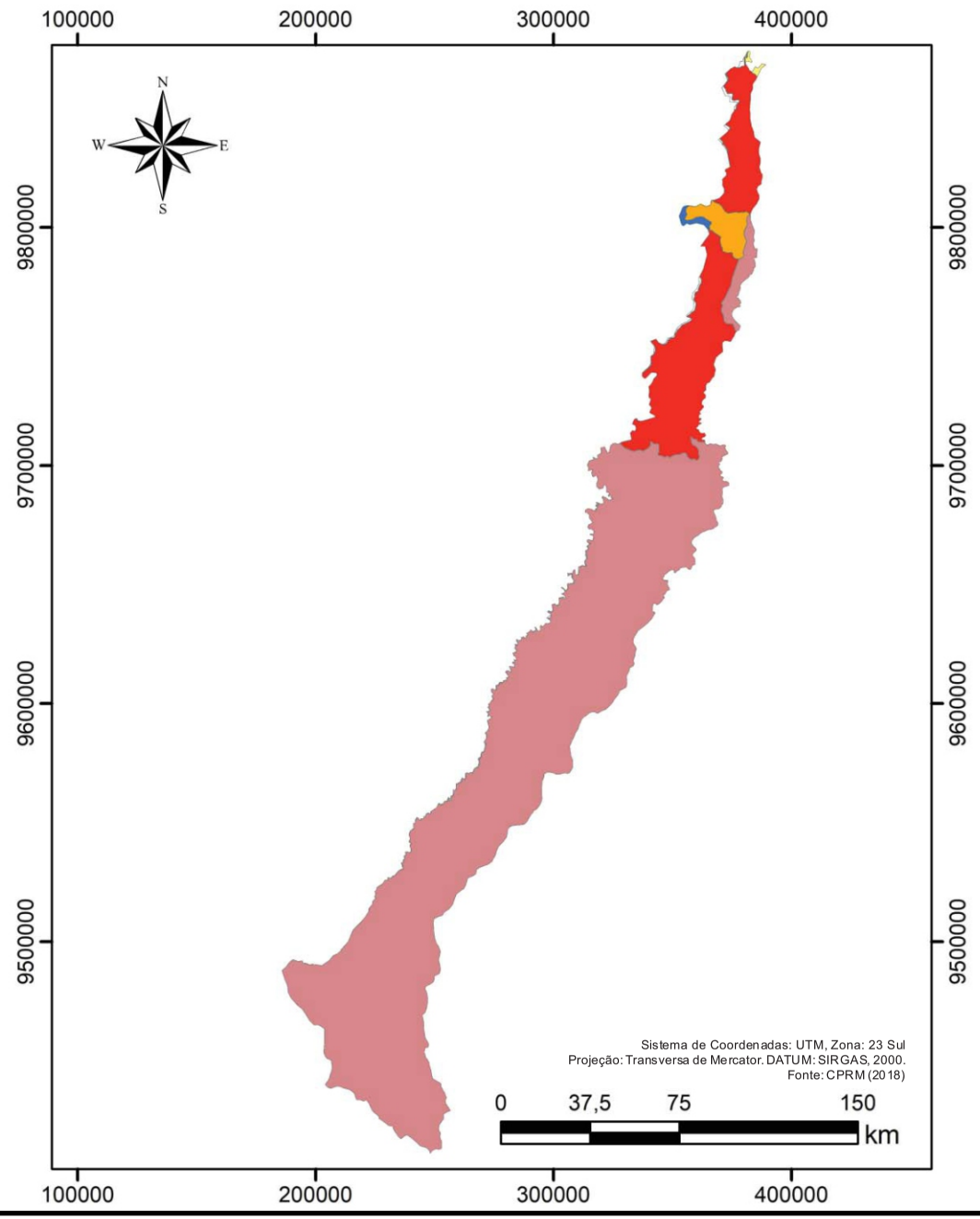
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.7

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Gurupi



Sistemas Hidrogeológicos

- Sedimentos Litorâneos
- Barreiras
- Itapecuru
- Serra Grande
- Cristalino

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.8

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Gurupi

Na **Tabela 3.12** constam os dados de nível estático e vazão para os Sistemas Aquíferos Corda e Itapecuru. Observa-se o número diminuto de dados nesta bacia quando a informação hidrogeológica aborda aquíferos específicos, denotando a ausência de pesquisas voltadas para o conhecimento das águas subterrâneas, muito embora existam 447 poços cadastrados. Porém, é importante entender que a maioria dos poços construídos é para o atendimento hídrico e, portanto, objetivam prioritariamente a captação de água em quantidade e qualidade, sem focar um aquífero específico e com a distribuição da coluna filtrante do poço, no geral, distribuída por toda a espessura saturada. Outras vezes, quem acompanha a perfuração nem sequer coleta amostras litológicas do furo para a descrição geológica ou, quando o faz, não tem conhecimento pleno referente as características litológicas por formação geológica.

Para o Aquífero Corda só existem dados para um poço que reflete um nível estático de 23,30m e vazão de 26,90 m³/h. Para o Aquífero Itapecuru, os dados refletem uma profundidade de 20,2m para o nível estático, no limite do que é considerado freático (raso) para as águas subterrâneas, chegando a alcançar até 40,0m de profundidade. A vazão média é de 24,5 m³//h mas com um valor máximo de 88,6 m³/h, significativa em termos de poços tubulares.

Tabela 3.12 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia do Gurupi

Bacia do Gurupi				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**N$^{o.}$ de dados**
Aquífero Corda				
NE (m)	-	23,30	-	01
Q (m^3/h)	-	26,90	-	01
Aquífero Itapecuru				
NE (m)	20,2	1,9	40,0	07
Q (m^3/h)	24,5	5,0	88,6	07

Fonte dos dados: SIAGAS (2018) LEGENDA: NE – Nível estático; Q – Vazão do poço.

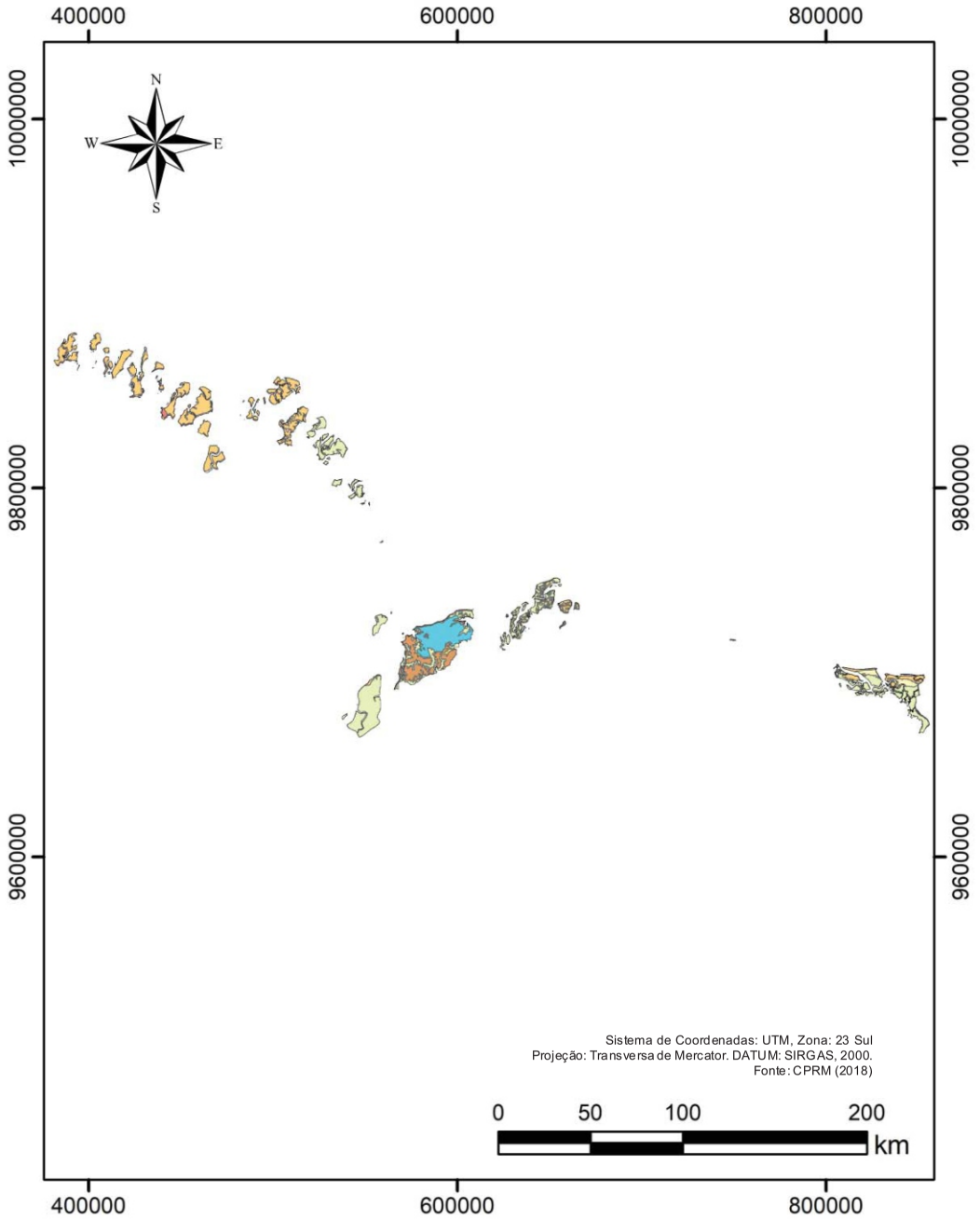
3.1.3.2. Bacia das Ilhas Maranhenses

As águas subterrâneas da Bacia das Ilhas Maranhenses são representadas pelo Domínio das Coberturas Indiferenciadas (Aluviões, Dunas, Depósitos Litorâneos e Coberturas Indiferenciadas), Domínio Sedimentar Predominantemente Clástico (Bacia do Parnaíba e Barreiras) e Domínio Cristalino (Cristalino e Metassedimentos-Metavulcânicas) (**Figura 3.9**). Quanto a classificação por sistemas hidrogeológicos, nela ocorrem o Aluvionar, Dunas, Sedimentos Litorâneos, Barreiras, Itapecuru e Cristalino (**Figura 3.10**), sendo suas áreas de ocorrência expostas na **Tabela 3.13**, ressaltando-se a predominância dos Sedimentos Litorâneos com 1.641,78 km² (45,54%) seguido do Barreiras com 1.179,23 km² (32,71%).

Tabela 3.13 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia das Ilhas Maranhenses

Aquífero	Área (km^2)
Aluvionar	13,217
Dunas	351,454
Depósitos Litorâneos	1.641,782
Barreiras	1.179,234
Itapecuru	402,885
Cristalino	16,048
TOTAL	***3.604,620***

No SIAGAS se tem o cadastro de poços captando os Aquíferos Barreiras, Coberturas Cenozoicas, Itapecuru e São Luís (**Tabela 3.14**). O nível estático refletindo a profundidade da água subterrânea oscila de 1,90m no Aquífero Barreiras a 114,0m no Aquífero Itapecuru, com médias oscilando de 14,01m no Aquífero Coberturas Cenozoicas, freático, a 21,89m no Aquífero Barreiras. Observa-se que a variação de profundidade da água subterrânea é grande, observando-se tal fato nos aquíferos. Isto se deve, muitas vezes, ao posicionamento geológico do aquífero, sobreposto ou sotoposto a outros aquíferos, ou mesmo a variação topográfica onde o poço está localizado.



Domínios Hidrogeológicos

- Aluviões
- Dunas
- Depósitos litorâneos
- Coberturas Indiferenciadas
- Bacia do Parnaíba
- Barreiras
- Cristalino
- Metassedimentos-Metavulcânicas

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

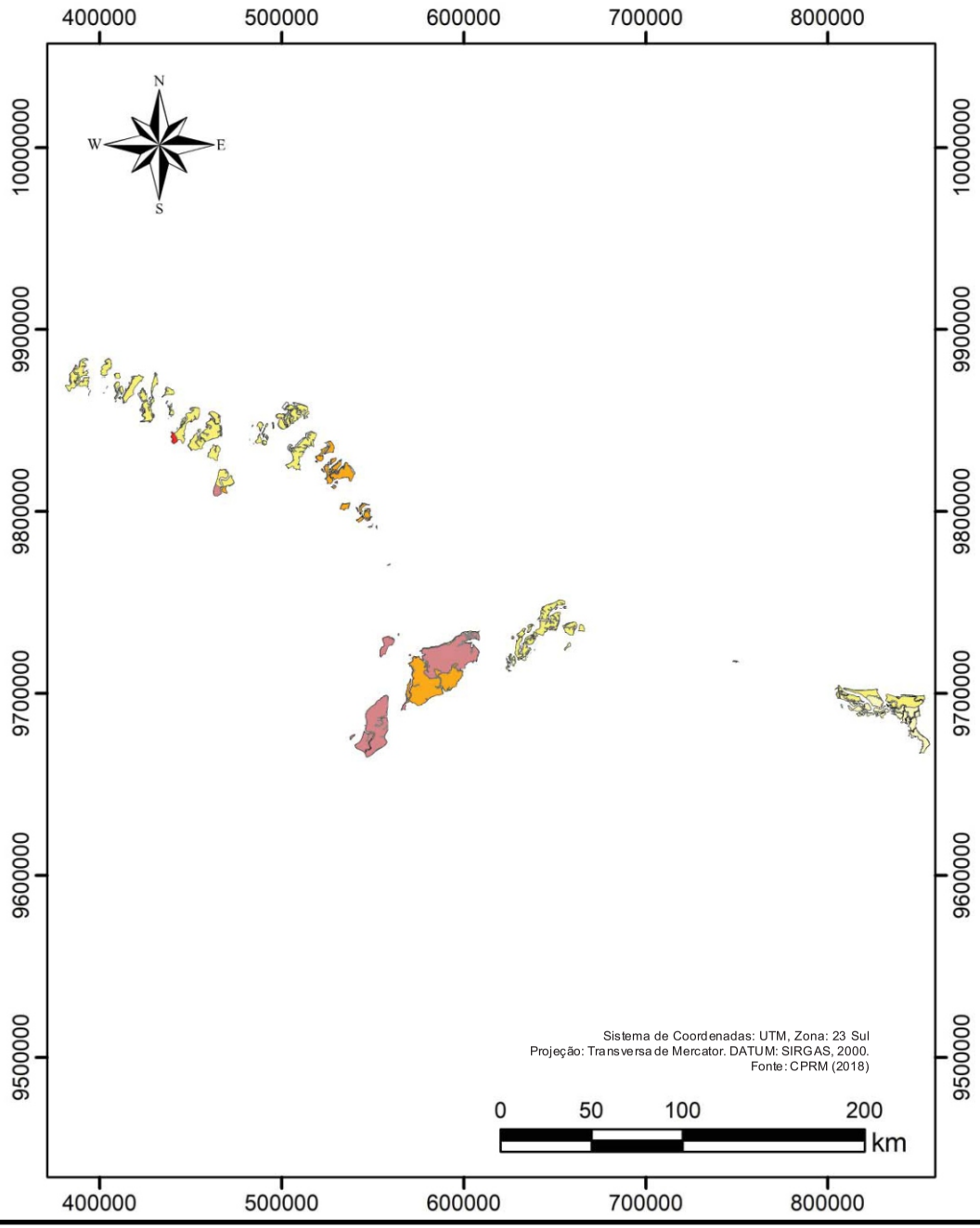
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.9

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Ilhas Maranhenses



Sistemas Hidrogeológicos

- Aluvionar
- Dunas
- Sedimentos Litorâneos
- Barreiras
- Itapecuru
- Cristalino

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.9

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Ilhas Maranhenses

Tabela 3.14 – Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia das Ilhas Maranhenses

Bacia das Ilhas Maranhenses				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Aquífero Barreiras				
NE (m)	21,89	1,90	42,75	07
Q (m^3/h)	26,73	7,88	41,00	07
Aquífero Coberturas Cenozoicas				
NE (m)	14,01	5,40	24,41	06
Q (m^3/h)	33,96	8,57	50,94	06
Aquífero Itapecuru				
NE (m)	17,72	3,06	114,00	24
Q (m^3/h)	18,26	1,14	66,00	23
Aquífero São Luís				
NE (m)	-	14,92	-	01
Q (m^3/h)	-	27,00	-	01

Fonte de dados: SIAGAS (2018) LEGENDA: NE – Nível estático; Q – Vazão do poço

Em termos de vazão, o Aquífero Itapecuru possui o poço com a menor vazão registrada (1,14 m³/h), mas também aquele com a maior vazão (66m³/h). Em termos de vazão média, o Aquífero das Coberturas Cenozoicas possui a maior vazão (33,96m³/h), seguida pela do Barreiras (26,73 m³/h) e a do Itapecuru (18,26m³/h). O Aquífero São Luís possui somente um dado de vazão (27m³/h). No geral, estes aquíferos possuem uma porosidade primária intergranular, clástica, assim como a permeabilidade, primária, clástica. O SIAGAS não apresenta dados para esta bacia para os parâmetros de condutividade hidráulica, porosidade eficaz e transmissividade.

As vazões médias observadas podem ser consideradas como de média a altas, embora a mínima de 1,14m³/h do Itapecuru seja extremamente baixa e pode estar associada a presença de menores espessuras saturadas e/ou a níveis silto-argilosos, o que pode reduzir a vazão explotada. Aspectos que devem ser considerados, também, é o projeto técnico-construtivo do poço, dimensionamento e posicionamento da coluna filtrante e o desenvolvimento da obra, etapas que ao serem realizadas sem o conhecimento técnico adequado podem comprometer a produtividade e a vida útil do poço.

Trinta (2017) cadastrou 31 poços na Bacia das Ilhas Maranhenses, sendo que 14 (45,16%) estão no município de Paço do Lumiar, 12 (38,70%) estão em São Luís, 4 (12,90%) em São José de Ribamar e 01 (3,22%) em Raposa (**Figura 3.11**). Destes, 26 (83,87%) captam águas

do Aquífero Itapecuru, 03 (9,67%) do Barreiras, 01 (3,22%) do Itararé e 01 (3,22%) das Coberturas Cenozoicas.

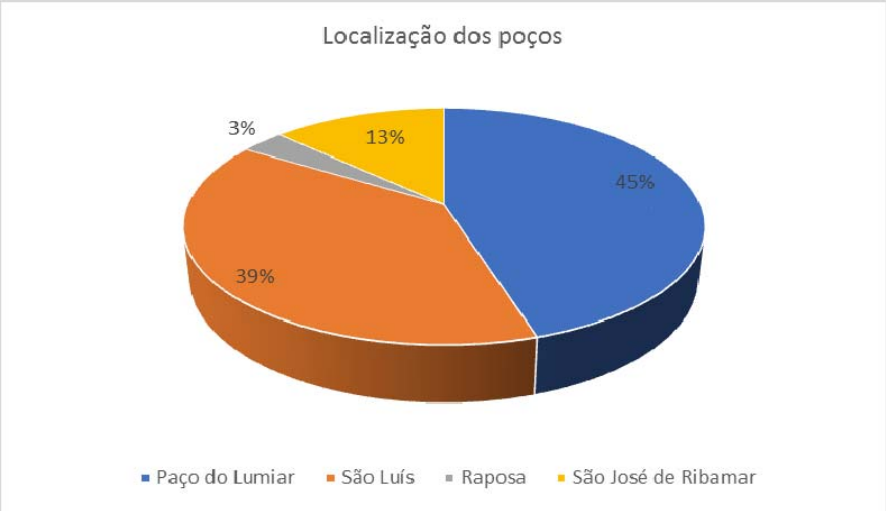


Figura 3.11 - Localização dos poços na Bacia das Ilhas Maranhenses

✓ **Poços outorgados na Ilha de São Luís (Ilhas Maranhenses)**

Na SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão foram obtidos dados de 494 poços outorgados na Ilha de São Luís, distribuídos nos municípios da região metropolitana, incluindo a capital. Destes, 356 (72,06%) estão em São Luís e a água captada por 196 poços (55%) é destinada ao consumo humano, 87 (24%) para indústrias, 42 (12%) para comércio e serviços, 17 (5%) para outros fins não especificados, 07 (2%) para dessedentação de animais e 7 (2%) para abastecimento público (**Figura 3.12**).

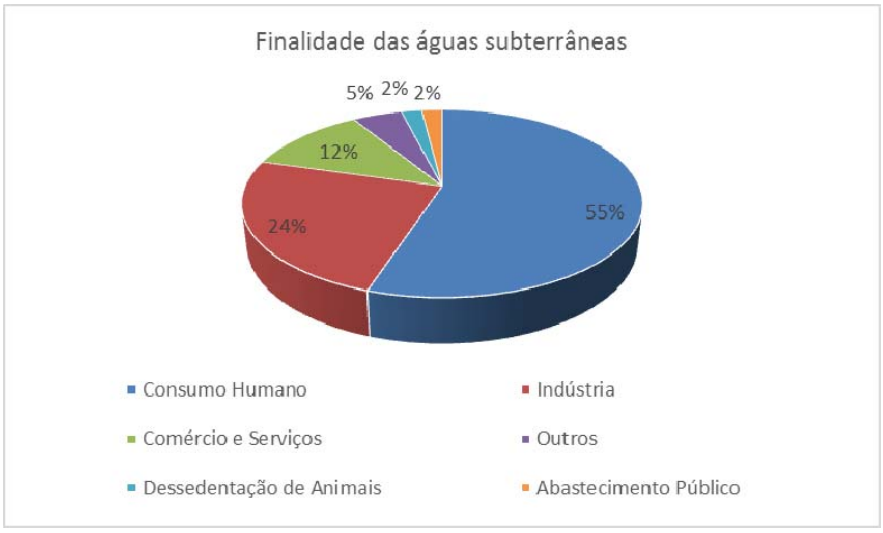


Figura 3.12 - Finalidade das águas subterrâneas no município de São Luís

Nos 345 poços com informações de nível estático, observa-se uma variação de 2,2 a 60,5m, com média de 17,7m, predominando com 44,63% o intervalo de 2,2 a 15,0m, freático e, as vezes, subaflorante, seguido com 43,47% de 15,1 a 30,0m (**Figura 3.13**).

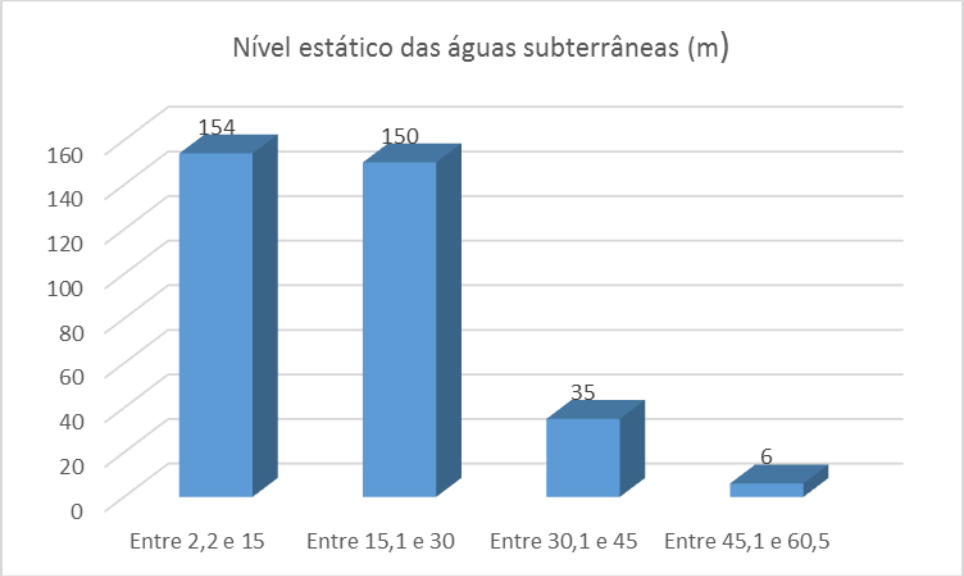


Figura 3.13 - Posicionamento do nível estático dos poços do município de São Luís

As informações de profundidades de 349 poços mostram uma variação com mínimo de 9,0m e máximo de 1.200m, refletindo média de 76,98m, predominando com 86,24% as profundidades oscilando entre 9,0 a 100m, seguido de 13,18% do intervalo entre 101 a 240m (**Figura 3.14**).

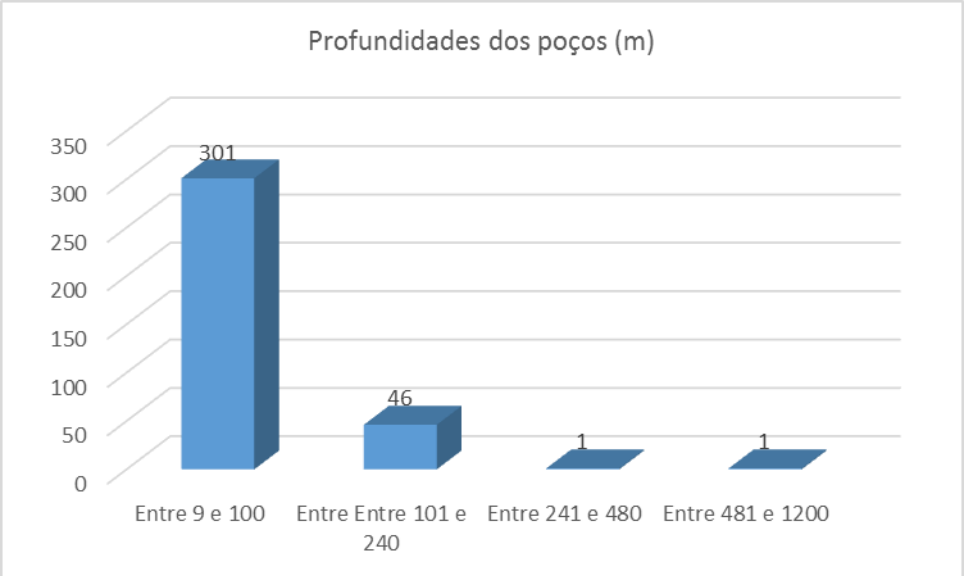


Figura 3.14 - Profundidades dos poços do município de São Luís

Há informações quanto ao aquífero captado por 247 poços, dos quais 179 (72%) captam águas do Aquífero Barreiras, 66 (27%) do Itapecuru e 2 (1%) de ambos (**Figura 3.15**).

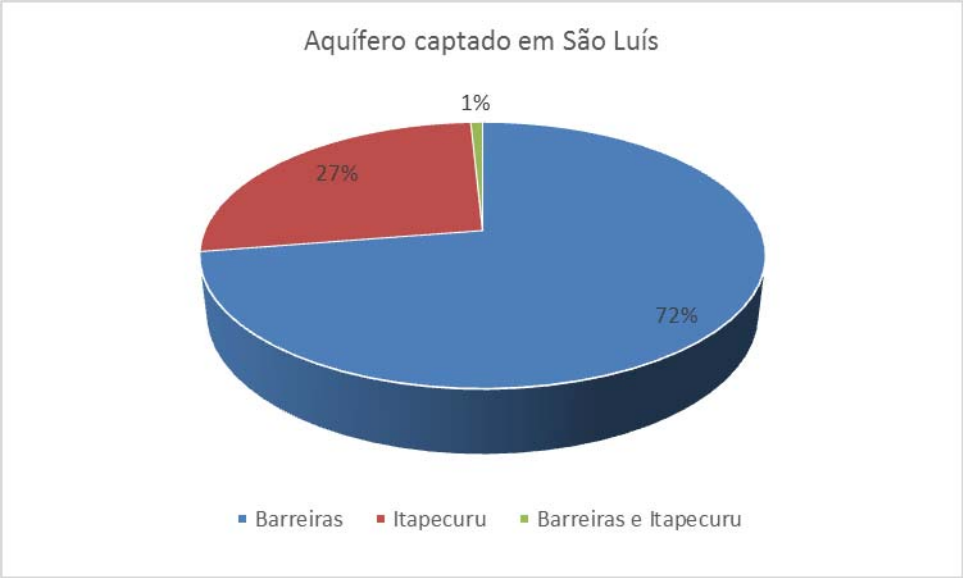


Figura 3.15 - Aquíferos captados pelos poços tubulares no município de São Luís

Só existem dados de vazões para 245 poços, variando de 0,7 m³/h a 640 m³/h, com média de 17,65 m³/h. Destes, as vazões oscilando de 0,7 a 30 m³/h predominam com 85,53%, seguida do intervalo de 30,1 a 60 m³/h (9,79%), chegando a alcançar 640 m³/h (**Figura 3.16**).

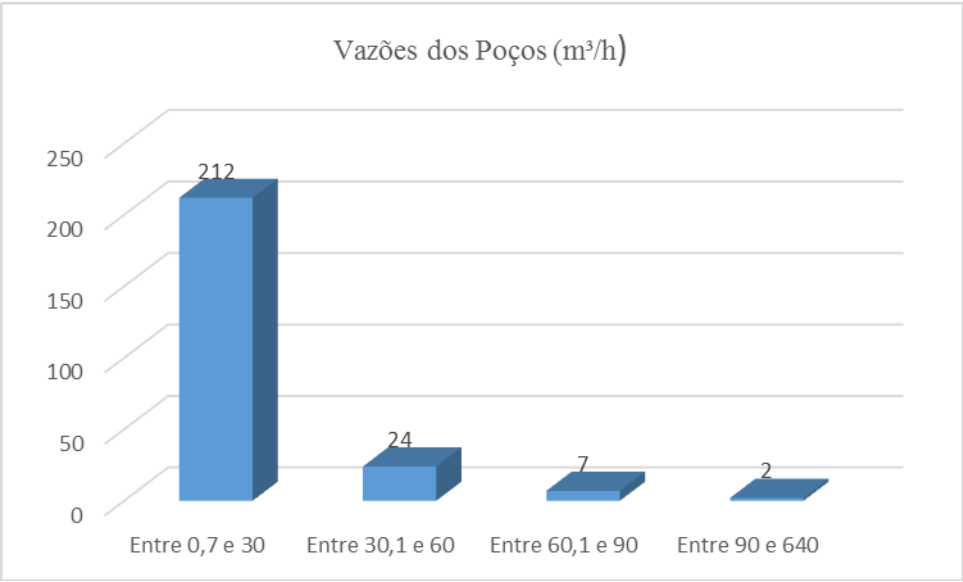


Figura 3.16 - Vazões dos poços tubulares no município de São Luís

Os 345 dados de nível dinâmico dos poços de São Luís oscilam entre 2,2 a 102,2m, com média de 29,64m. Destes, predomina o intervalo entre 2,2 a 25m com 49,85%, seguido da variação entre 25,1 a 50,0m com 39,42% (**Figura 3.17**).

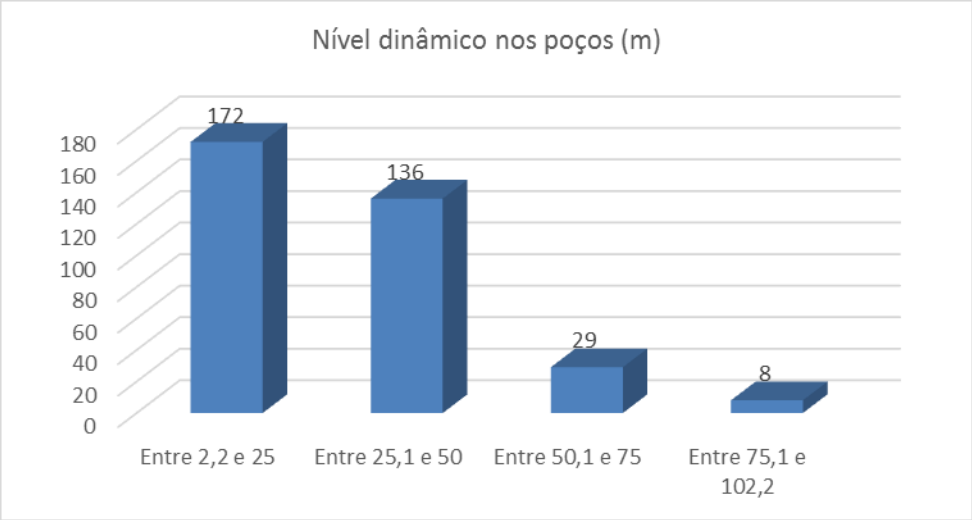


Figura 3.17 - Variação de profundidade do nível dinâmico nos poços do município de São Luís.

O segundo município com maior quantidade de poços é São José de Ribamar com 88 (17,81% do total), cuja água captada tem como finalidade predominante o consumo humano em 63 deles (72%), seguida de 11 (13%) para comércio e serviço e 10 (11%) para abastecimento público, além do abastecimento de indústria e outros fins (**Figura 3.18**).

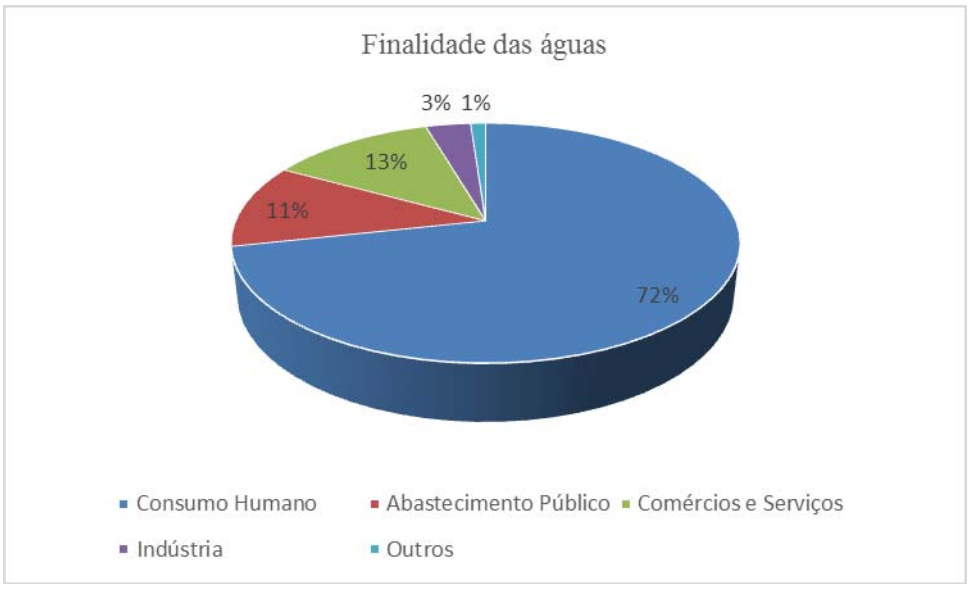


Figura 3.18 - Finalidade das águas captadas no município de São José de Ribamar

Dos 88 poços de São José de Ribamar, há dados de nível estático de 87 poços, variando entre 2,02 a 60m. Destes, predominam com 47,72% o intervalo entre 20,02 a 15m, caracterizando poços tubulares rasos captando águas freáticas, e 43,18% entre 15,1 a 30,0m (**Figura 3.19**).

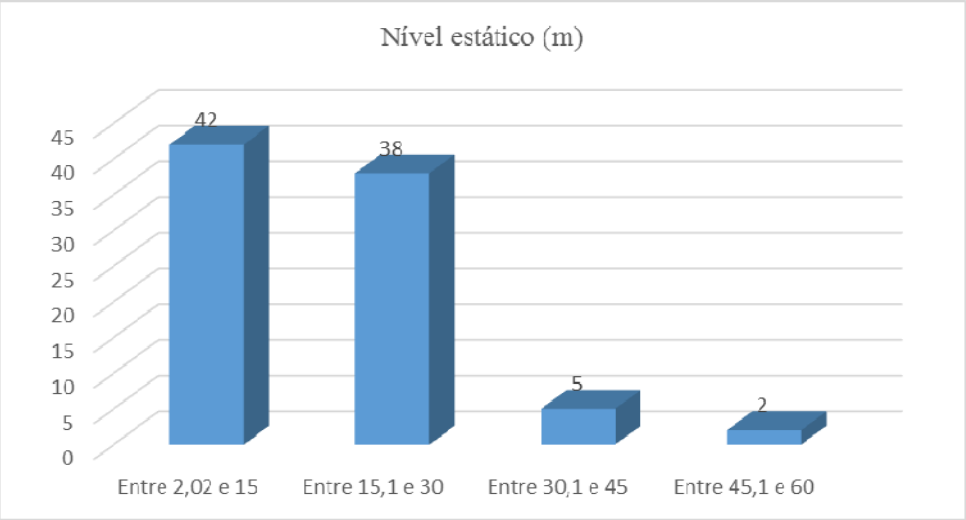


Figura 3.19 - Nível estático das águas subterrâneas do município de São José de Ribamar

As profundidades de 87 poços mostram variação entre 26,0 a 350,0m, com média de 74,23m, predominando com 63,21% o intervalo entre 26,0 a 50,0m que reflete poços medianamente profundos, seguida pelo intervalo entre 50,1 a 100,0m com 24,13% que pode ser entendido como representante da profundidade de poços profundos (**Figura 3.20**).

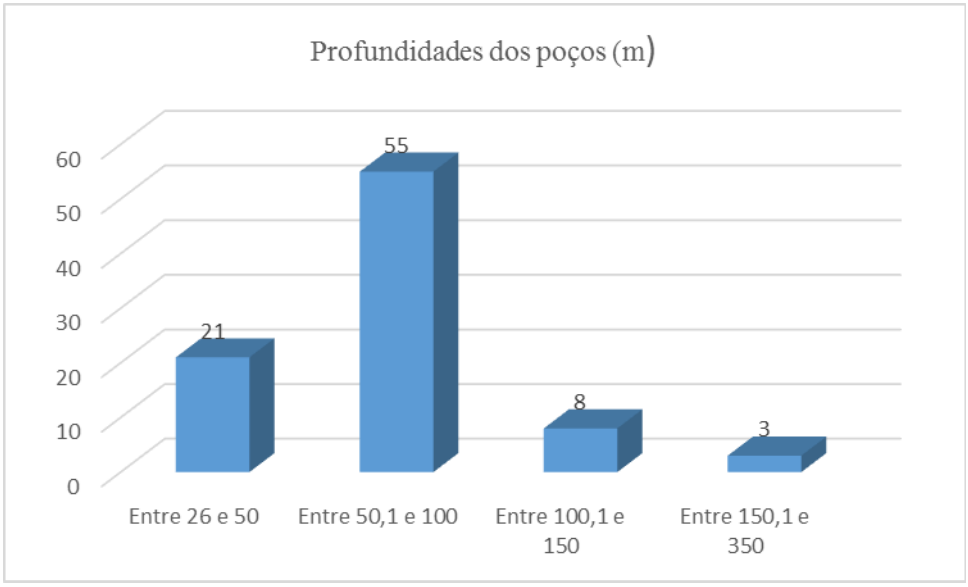


Figura 3.20 - Profundidades dos poços no município de São José de Ribamar

Há informações quanto ao aquífero captado em 58 poços, sendo que 49 poços (84%) captam o Aquífero Barreiras, seguidos de 08 poços (14%) que captam o Itapecuru e somente 01 (2%) explota o Sambaíba (**Figura 3.21**).

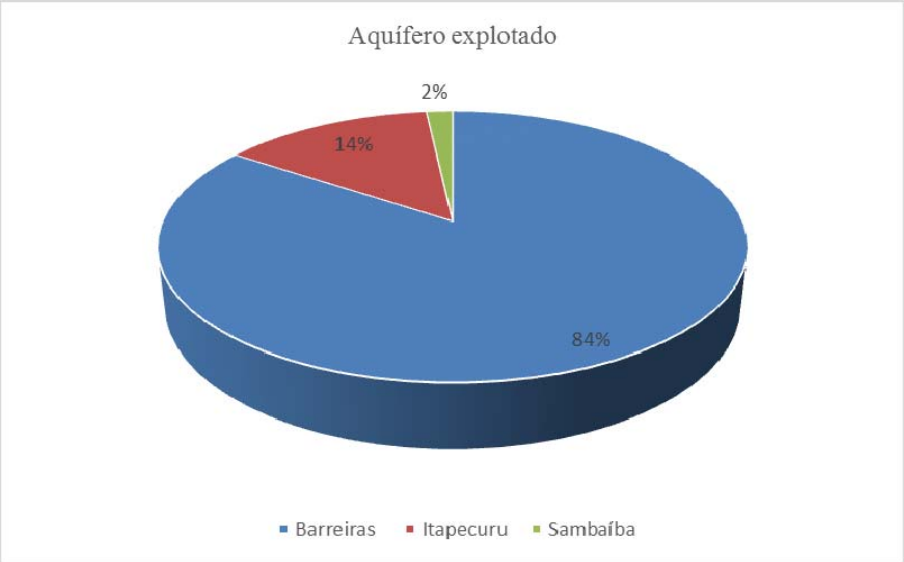


Figura 3.21 - Aquíferos captados no município de São José de Ribamar

Existem 87 dados de nível dinâmico de poços tubulares em São José de Ribamar, oscilando de 4,21 a 74,23m, com média de 27, 92m, onde predomina com 53,87% o intervalo entre 21,1 a 38,0m, seguido com 31,03% daquele que oscila entre 4,21 a 21m (**Figura 3.22**).

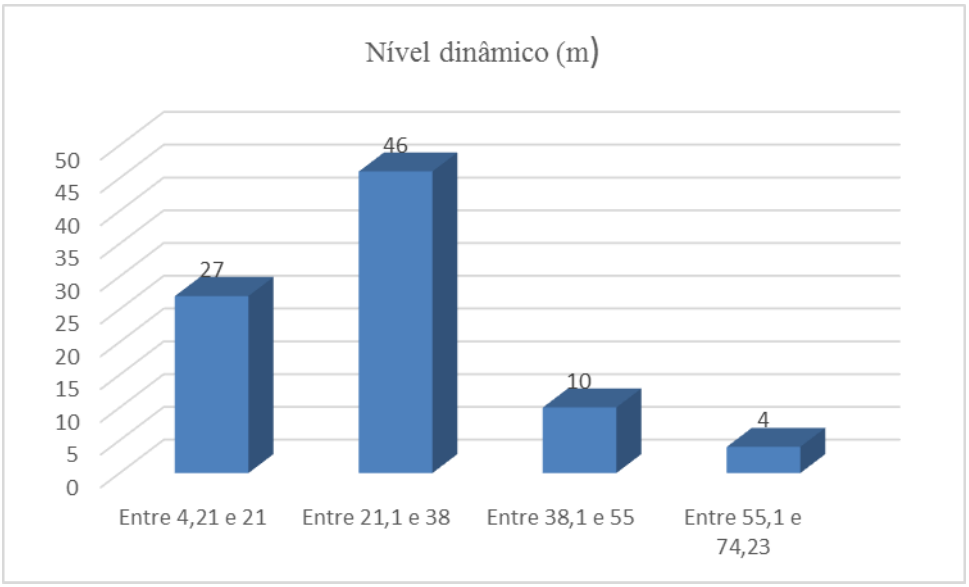


Figura 3.22 - Nível dinâmico em poço do município de São José de Ribamar

Estão disponíveis dados de vazões de 57 poços de São José de Ribamar, registrando entre 1,0 a 250,0 m³/h e com média de 23,2 m³/h. Destes, predominam com 78,94% as vazões situadas entre 1,0 a 25 m³/h, observando-se somente uma de 250 m³/h (**Figura 3.23**).

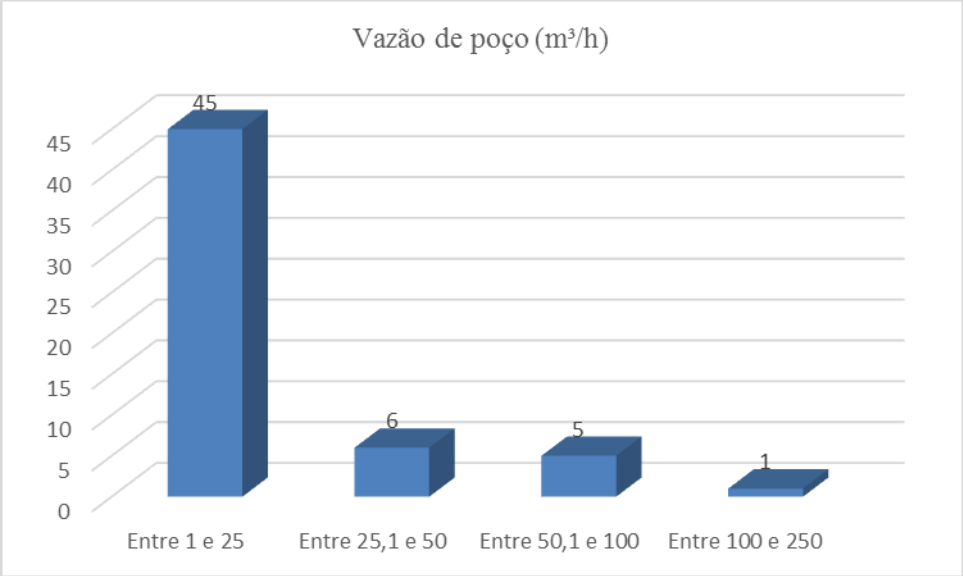


Figura 3.23 - Vazões dos poços no município de São José de Ribamar

O município de Paço do Lumiar possui 50 poços outorgados, nos quais a água obtida de 33 deles é destinada para consumo humano (66%), 06 para abastecimento público (12%), 06 para abastecimento industrial (12%), 03 para outros fins (6%), 01 para consumo humano e uso industrial (2%), e 01 (2%) para irrigação (**Figura 3.24**).

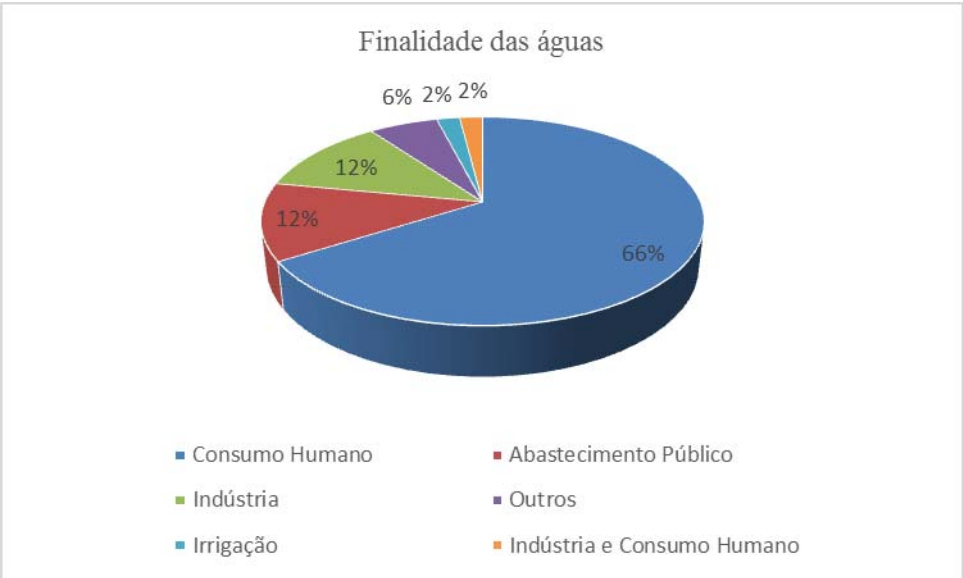


Figura 3.24 - Finalidade das águas captadas no município de Paço do Lumiar

Em termos de profundidade das águas subterrâneas, os dados de nível estático de 49 poços oscilou entre 3,3 a 61,25m com média de 19,45m. O intervalo de 15,1 a 30,0m ocorre predominantemente em 59,18% seguido com 28,57% do intervalo entre 3,3, a 15,0m denotando águas rasas, comumente designadas como freáticas (**Figura 3.25**).

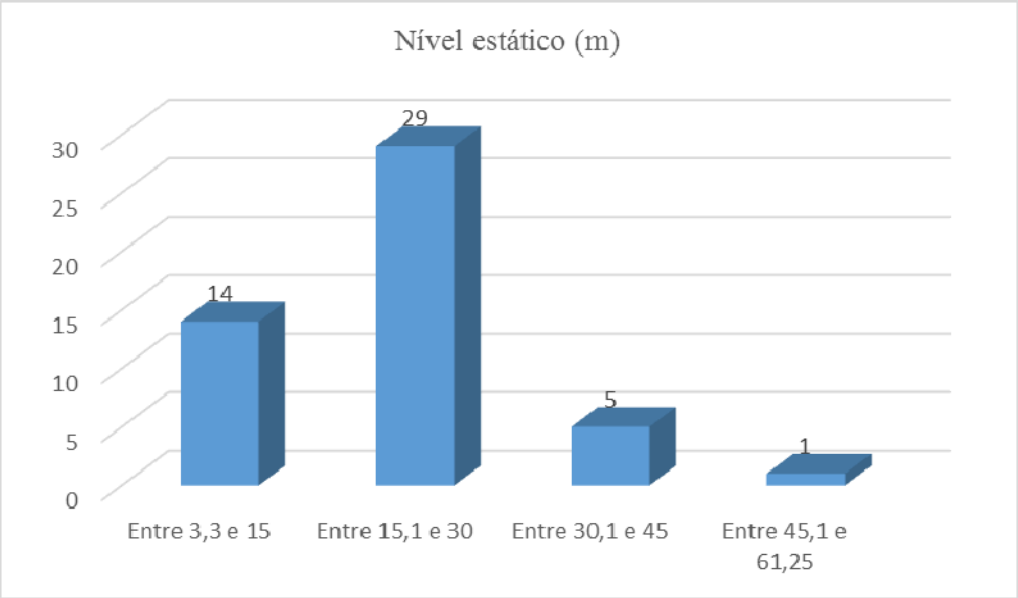


Figura 3.25 - Nível estático das águas subterrâneas do município de Paço do Lumiar

Os dados relativos as profundidades dos 50 poços existentes mostram que predomina com 46% o intervalo de 67,1 a 92,0m e, em seguida, profundidades entre 39,1 a 67,0m (36%). Observa-se profundidades de até 11,0m, o que significa captação de águas extremamente rasas por poços tubulares manuais, sem especificações técnico-construtivas, tubos de PVC utilizados na construção civil sem recomendação técnica para poço tubular, ou mesmo cacimbas (**Figura 3.26**).

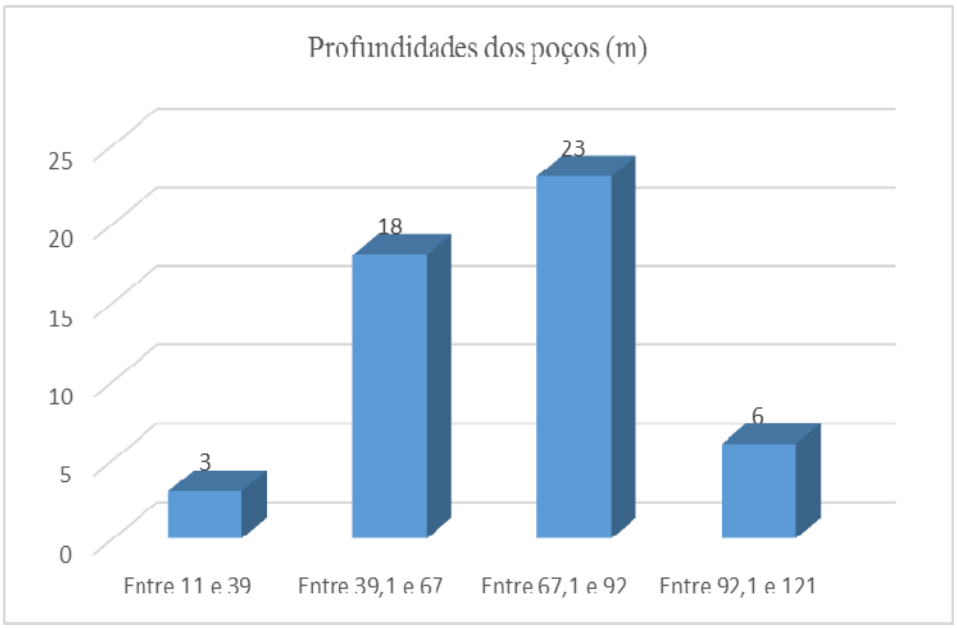


Figura 3.26 - Profundidades dos poços do município de Paço do Lumiar

Quanto ao aquífero captado, os dados de 38 poços mostram que a maioria deles (36 poços) explota águas do Barreiras (94,74%), enquanto 02 poços captam o Itapecuru (5,26%) (**Figura 3.27**).

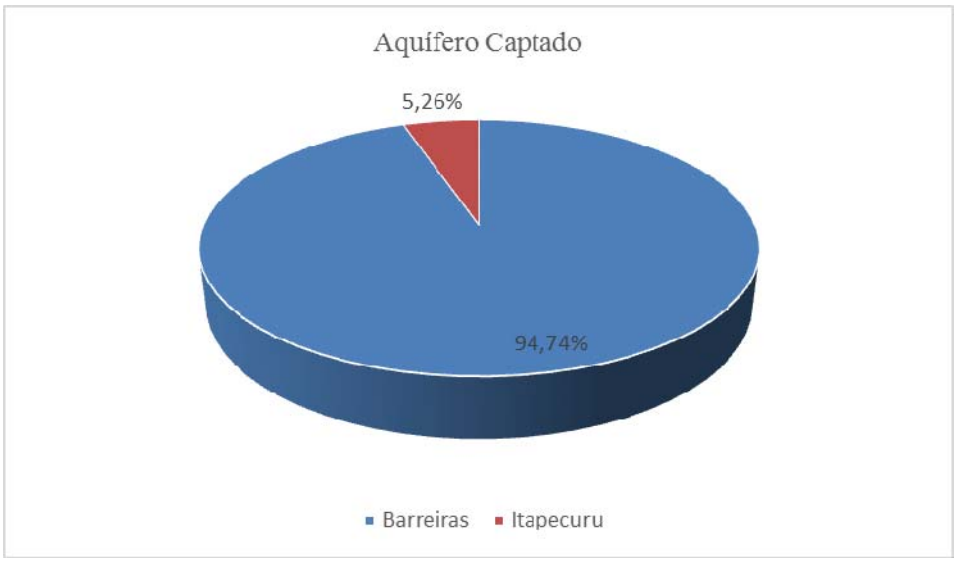


Figura 3.27 - Aquíferos captados no município de Paço do Lumiar

Em termos de vazão, 31 poços possuem dados que mostram que ela oscila de 1,0 a 70,0 m³/h, refletindo média de 19,90 m³/h. Predominam com 61,29% as vazões entre 1,0 a 18,0 m³/h, seguidas com 22,58% entre 18,1 a 36 m³/h (**Figura 3.28**).

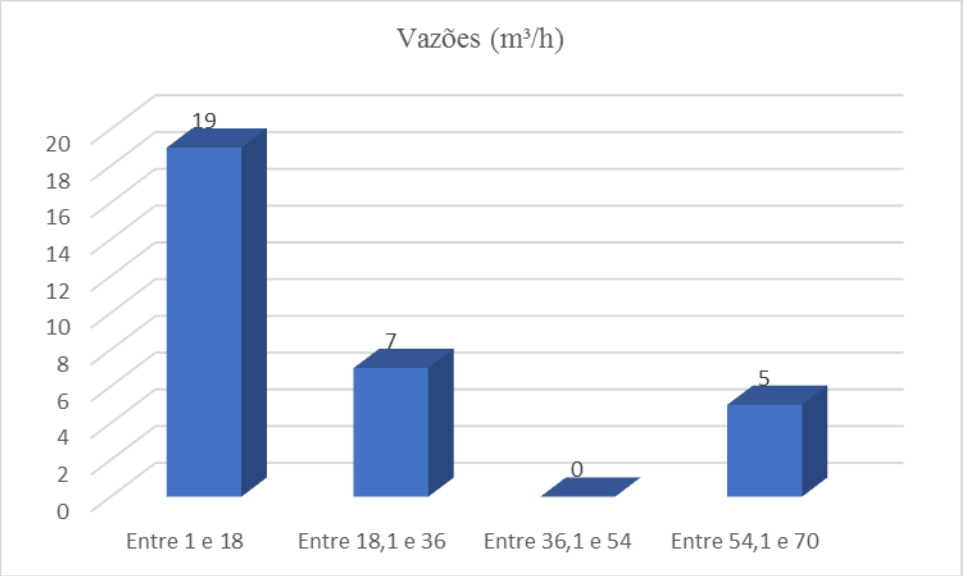
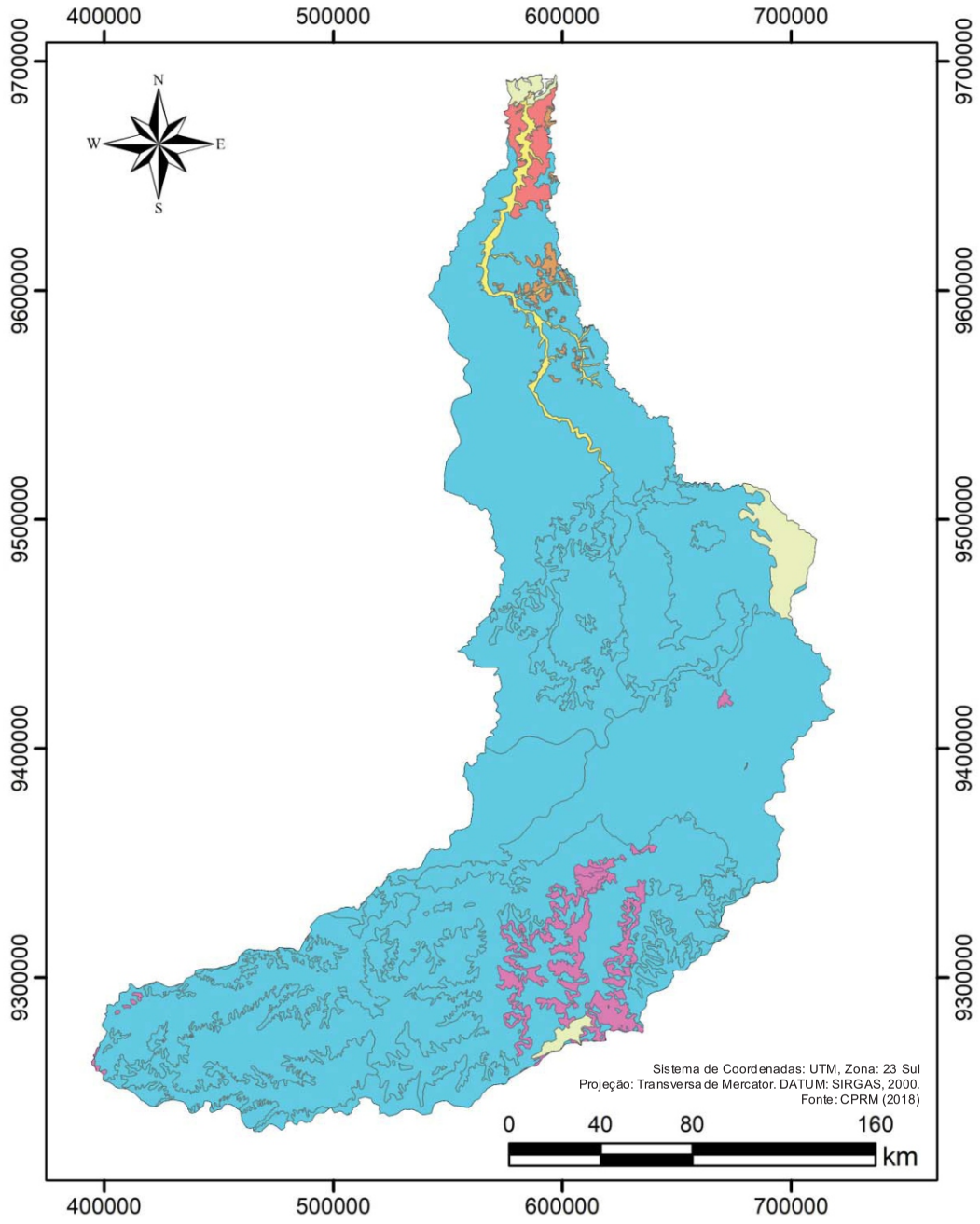


Figura 3.28 - Vazões dos poços do município de Paço do Lumiar

Não foram registrados dados de poços outorgados para o município de Raposa, também parte da Região Metropolitana de São Luís.

3.1.3.3. Bacia do Itapecuru

Na Bacia do Itapecuru, os Domínios Hidrogeológicos são representados pelas Coberturas Indiferenciadas (Aluviões, Depósitos Litorâneos e Coberturas Indiferenciadas), Sedimentar Predominantemente Clástico (Bacia do Parnaíba e Barreiras) e Cristalino (Cristalino e Vulcânicas) (**Figura 3.29**). Quanto a classificação por sistemas hidrogeológicos, a **Figura 3.30** ressalta a ocorrência das Aluviões, Barreiras, Codó, Corda, Grajaú, Itapecuru, Mosquito, Motuca, Pastos Bons, Pedra de Fogo, Sambaíba, Sardinha e Cristalino, cujas áreas de ocorrência aflorante constam na **Tabela 3.15** e de onde se verifica a predominância do Sistema Corda com 16.894,69 km² (31,74%), seguido do Itapecuru com 11.430,72 km² (21,47%).



Domínios Hidrogeológicos

- Aluviões
- Dunas
- Depósitos litorâneos
- Coberturas Indiferenciadas
- Bacia do Parnaíba
- Barreiras
- Cristalino
- Vulcânicas

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

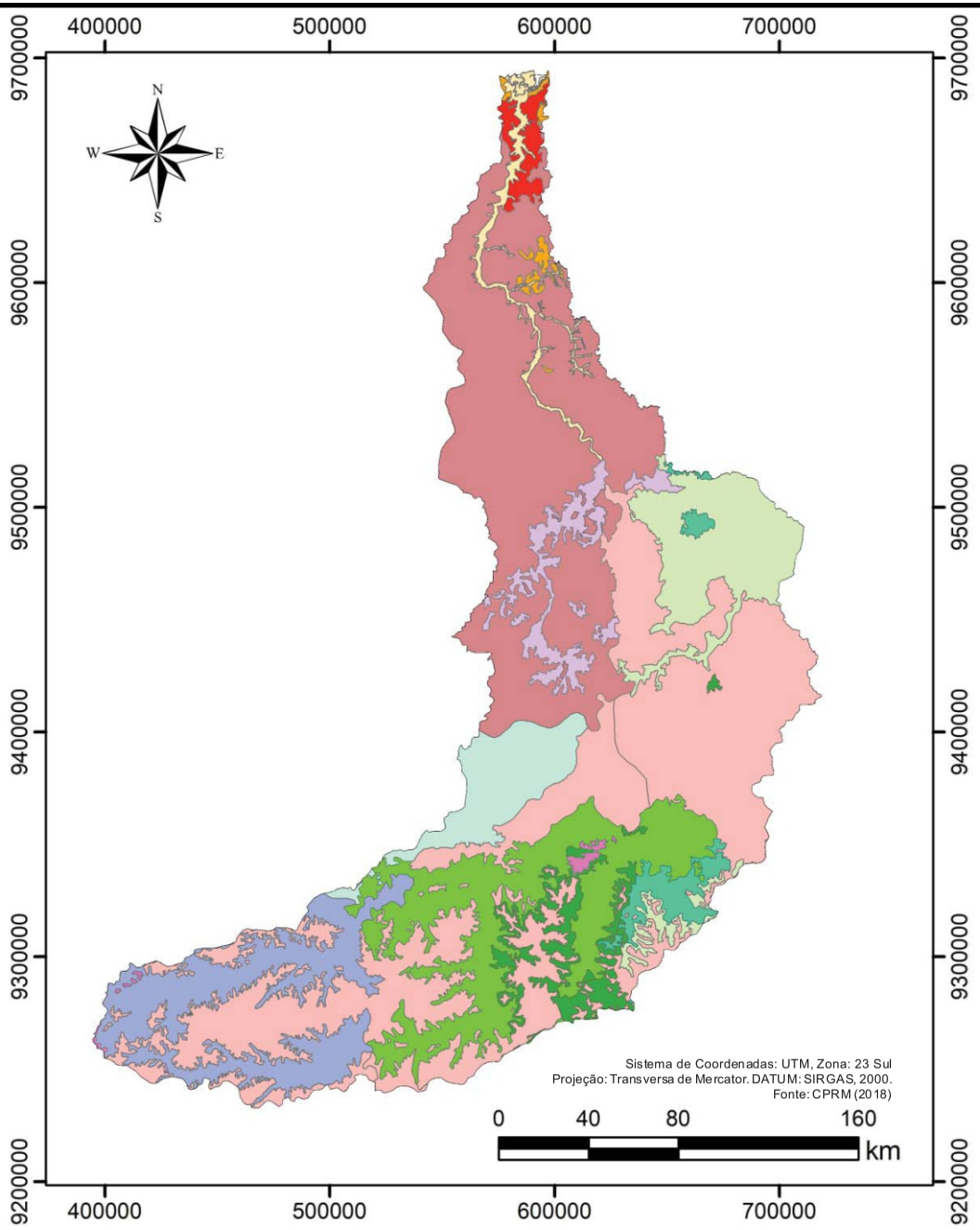
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.29

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Itapecuru



Sistemas Hidrogeológicos

- Aluvionar
- Barreiras
- Codó
- Corda
- Grajaú
- Itapecuru
- Mosquito
- Motuca
- Pastos Bons
- Pedra de Fogo
- Sambaíba
- Sardinha
- Cristalino

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.30

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Itapecuru

Tabela 3.15 - Áreas de ocorrência aflorante dos sistemas hidrogeológicos na Bacia do Itapecuru

Aquífero	Área (km^2)
Aluvionar	1.115,516
Barreiras	253,100
Codó	1.632,780
Corda	16.894,692
Grajaú	2.354,270
Itapecuru	11.430,724
Mosquito	159,549
Motuca	4.262,539
Pastos Bons	6.527,196
Pedra de Fogo	1.128,968
Sambaíba	5.112,089
Sardinha	1.803,841
Cristalino	541,576
TOTAL	***53.216,840***

Nesta bacia observa-se a ocorrência de água subterrânea até 336m (Nível estático médio de 31,49m), de poço tubular com profundidade máxima de 800,0m (Média de 116,27m), vazões que alcançam 80,0 m³/h (Média de 11,18m³/h) e águas que chegam a possuir condutividade elétrica de 1.763 uS/cm a 25ºC, refletindo STD máximo de 1.0578 mg/L, um pouco acima do padrão (1.000 mg/L) admissível para águas potáveis para consumo humano no Brasil (**Tabela 3.16**), mas com média de 338,62 uS/cm e dentro do padrão de potabilidade. Ressalta-se, ainda, que dos 2.188 poços cadastrados nesta bacia, 1.695 (77,46%) deles encontravam-se em uso à época do cadastramento.

Tabela 3.16 - Dados de profundidade de poços, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia do Itapecuru

Bacia do Itapecuru/Dados Gerais				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**N$^{o.}$ de dados**
Prof. (m)	116,27	5,50	800,00	177.9
NE (m)	31,49	0,40	336,00	519
Q (m^3/h)	11,18	1,00	80,00	37
CE (uS/cm)	338,62	17,11	1.763,00	1.614

LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

No SIAGAS se tem o cadastro de poços captando os Sistemas Hidrogeológicos Codó, Corda, Itapecuru, Itararé, Motuca, Pastos Bons/Pedra de Fogo, Piauí, Poti/Piauí e Sambaíba (**Tabela 3.17**), sendo que para o Itararé, Motuca, Pedra de Fogo e Piauí se tem somente um poço cadastrado para cada um deles. O nível estático varia de 1,0m no Aquífero Itapecuru, freático e sub-aflorante, a 252,0m no Aquífero Corda, com médias oscilando de 18,5m no Aquífero Itapecuru, a 90,0m no Aquífero Poti/Piauí. Observa-se que a variação de profundidade da água subterrânea é grande, e isto pode ser decorrente do posicionamento geológico do aquífero, sobreposto ou sotoposto a outros aquíferos, ou mesmo a variação topográfica onde o poço está localizado.

Em termos de vazão média, o Aquífero Poti/Piauí possui a maior vazão (63,46 m³/h), seguida do Corda com 32,74m³/h. No geral, estes aquíferos possuem uma porosidade primária intergranular, clástica, assim como a permeabilidade, primária, clástica, propiciando maiores condições de armazenamento e liberação da água.

A variação dos valores de vazão do poço devem ser analisadas com cuidado, pelo fato de poderem resultar do método e duração do ensaio de bombeamento, menores espessuras saturadas causadas por níveis silto-argilosos, projeto técnico-construtivo do poço, dimensionamento e posicionamento da coluna filtrante e o desenvolvimento da obra, características relativas ao poço e etapas construtivas que ao serem realizadas sem o conhecimento técnico adequado podem comprometer a produtividade e a vida útil do poço.

Tabela 3.17 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia do Itapecuru

Bacia do Itapecuru				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**N$^{o.}$ de dados**
Aquífero Codó				
NE (m)	39,34	10,00	87,40	9
Q (m^3/h)	15,95	1,50	60,00	8
Aquífero Corda				
NE (m)	38,21	5,40	252,00	32
Q (m^3/h)	32,74	1,70	88,00	27
Aquífero Itapecuru				
NE (m)	18,51	1,00	84,00	81
Q (m^3/h)	17,72	0,36	79,20	77
Aquífero Itararé				
NE (m)	-	18,00	-	1
Q (m^3/h)	-	10,00	-	1
Aquífero Motuca				
NE (m)		18,00		1
Q (m^3/h)		21,40		1
Aquífero Pastos Bons/Pedra de Fogo				
NE (m)	38,72	22,60	53,23	3
Q (m^3/h)	26,88	7,20	46,59	3
Aquífero Pastos Bons				
NE (m)	32,37	3,40	59,00	5
Q (m^3/h)	10,56	0,88	41,47	5
Aquífero Pedra de Fogo				
NE (m)	-	28,45	-	1
Q (m^3/h)	-	52,80	-	1
Aquífero Piauí				
NE (m)	-	84,00	-	1
Q (m^3/h)	-	66,00	-	1
Aquífero Poti/Piauí				
NE (m)	90,04	84,00	96,02	2
Q (m^3/h)	63,46	60,92	66,00	2
Aquífero Sambaíba				
NE (m)	25,76	12,10	56,67	11
Q (m^3/h)	9,93	0,46	27,00	9

LEGENDA: NE – Nível estático; Q – Vazão do poço. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

3.1.3.4. Bacia Litoral Ocidental

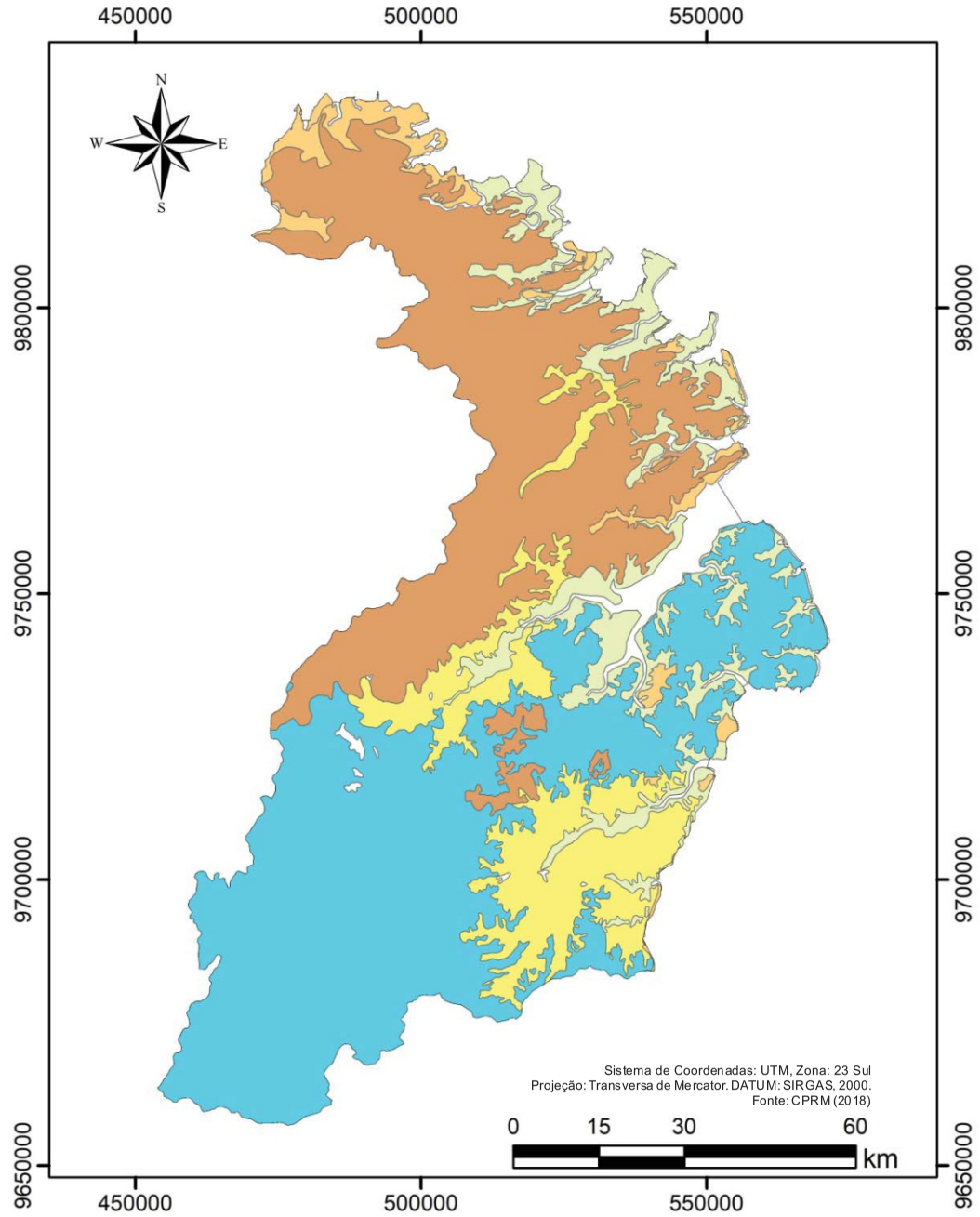
As águas subterrâneas da Bacia do Litoral Ocidental estão nos Domínios das Coberturas Indiferenciadas (Aluviões, Depósitos Litorâneos e Coberturas Indiferenciadas) e Sedimentar Predominantemente Clástico (Bacia do Parnaíba e Barreiras) (**Figura 3.31**). Pertinente aos sistemas hidrogeológicos, nela ocorrem os Sedimentos Litorâneos, Barreiras e Itapecuru (**Figura 3.32**), sendo suas áreas de ocorrência expostas na **Tabela 3.18**, onde se tem a predominância do Sistema Itapecuru com 5.820,12 km² (56,91%) seguido do Barreiras com 4.252,76 km² (41,58%).

Tabela 3.18 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia Litoral Ocidental

Aquífero	Área (km^2)
Sedimentos Litorâneos	153,338
Barreiras	4.252,760
Itapecuru	5.820,122
TOTAL	***10.226,220***

A **Tabela 3.19** contém dados de poços da Bacia do Litoral Ocidental, onde a água subterrânea ocorre até uma profundidade de 78m, de poço tubular com profundidade de até 215m, vazões máximas de 7,5 m³/h e águas que chegam a possuir condutividade elétrica de 1.990 uS/cm a 25ºC que reflete STD de 1.194 mg/L, já fora do padrão (STD até 1.000 mg/L) admissível para águas potáveis para consumo humano no Brasil. Porém, os parâmetros médios mostram o seguinte comportamento: Profundidade de poço de 74,52m; nível estático de 16,77m; vazão de 5,99 m³/h e condutividade elétrica de 308,95 uS/cm, refletindo STD de 185 mg/L, dentro do padrão estabelecido para águas potáveis.

Ressalta-se, ainda, que dos 738 poços cadastrados nesta bacia, 549 (74,39%) deles encontravam-se em uso à época do cadastramento.



Domínios Hidrogeológicos

- Aluviões
- Depósitos litorâneos
- Coberturas Indiferenciadas
- Bacia do Parnaíba
- Barreiras

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

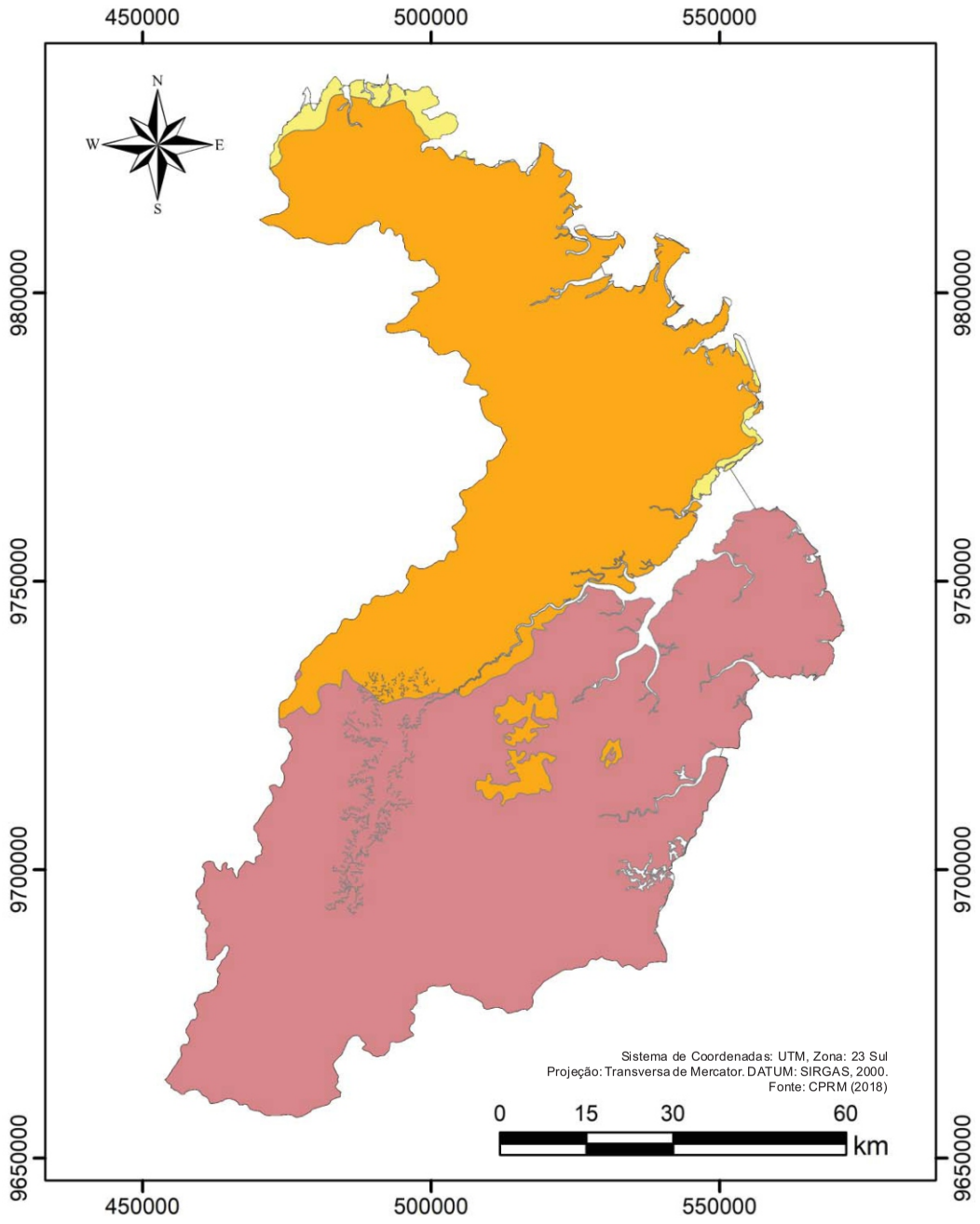
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.31

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Litoral Ocidental



Sistemas Hidrogeológicos

- Sedimentos Litorâneos
- Barreiras
- Itapecuru

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.32

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Litoral Ocidental

Tabela 3.19 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Litoral Ocidental

Bacia Litoral Ocidental				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Dados gerais				
Prof. (m)	74,52	1,85	215,00	595
NE (m)	16,77	0,52	78,00	222
Q (m^3/h)	5,99	3,30	7,50	7
CE (uS/cm)	308,95	30,56	1.990,00	474

LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea.
Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Cadastrados no SIAGAS tem-se poços captando unicamente o Aquífero Itapecuru (**Tabela 3.20**), onde o nível estático oscila de 1,40m a 51,80m, com média de 14,4m o que reflete águas subterrâneas freáticas. A vazão varia de 1,32 a 35,0 m³/h, com média de 11,42m³/h.

Este aquífero possui porosidade e permeabilidade primárias intergranulares, clásticas. As pequenas vazões observadas podem estar associadas a presença de pequena espessura saturada com a presença de níveis silto-argilosos ou, também, relacionadas ao projeto técnico-construtivo do poço e desenvolvimento da obra, aspectos que podem comprometer a vazão do poço. A máxima cadastrada mostra que este aquífero possui boa potencialidade que juntamente com as características qualitativas permitem uma classificação de boa vocação hidrogeológica para este sistema.

Tabela 3.20 - Dados de nível estático e vazão por aquífero na Bacia Litoral Ocidental

Bacia Litoral Ocidental				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Aquífero Itapecuru				
NE (m)	14,44	1,40	51,80	31
Q (m^3/h)	11,42	1,32	35,00	30

LEGENDA: NE – Nível estático; Q – Vazão do poço.

Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

3.1.3.5. Bacia Maracaçumé

As águas subterrâneas da Bacia Maracaçumé encontram-se representadas pelos Domínios das Coberturas Indiferenciadas (Depósitos Litorâneos), Sedimentar Predominantemente Clástico (Bacia do Parnaíba e Barreiras) e Cristalino (Cristalino e Metassedimentos-Metavulcânicas) expostos na **Figura 3.33**. Os sistemas hidrogeológicos são os Sedimentos Litorâneos, Itapecuru e Cristalino (**Figura 3.34**), tendo suas áreas de ocorrência na **Tabela 3.21**, onde se observa que predomina o Itapecuru com 61,66%.

Tabela 3.21 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia Maracaçumé

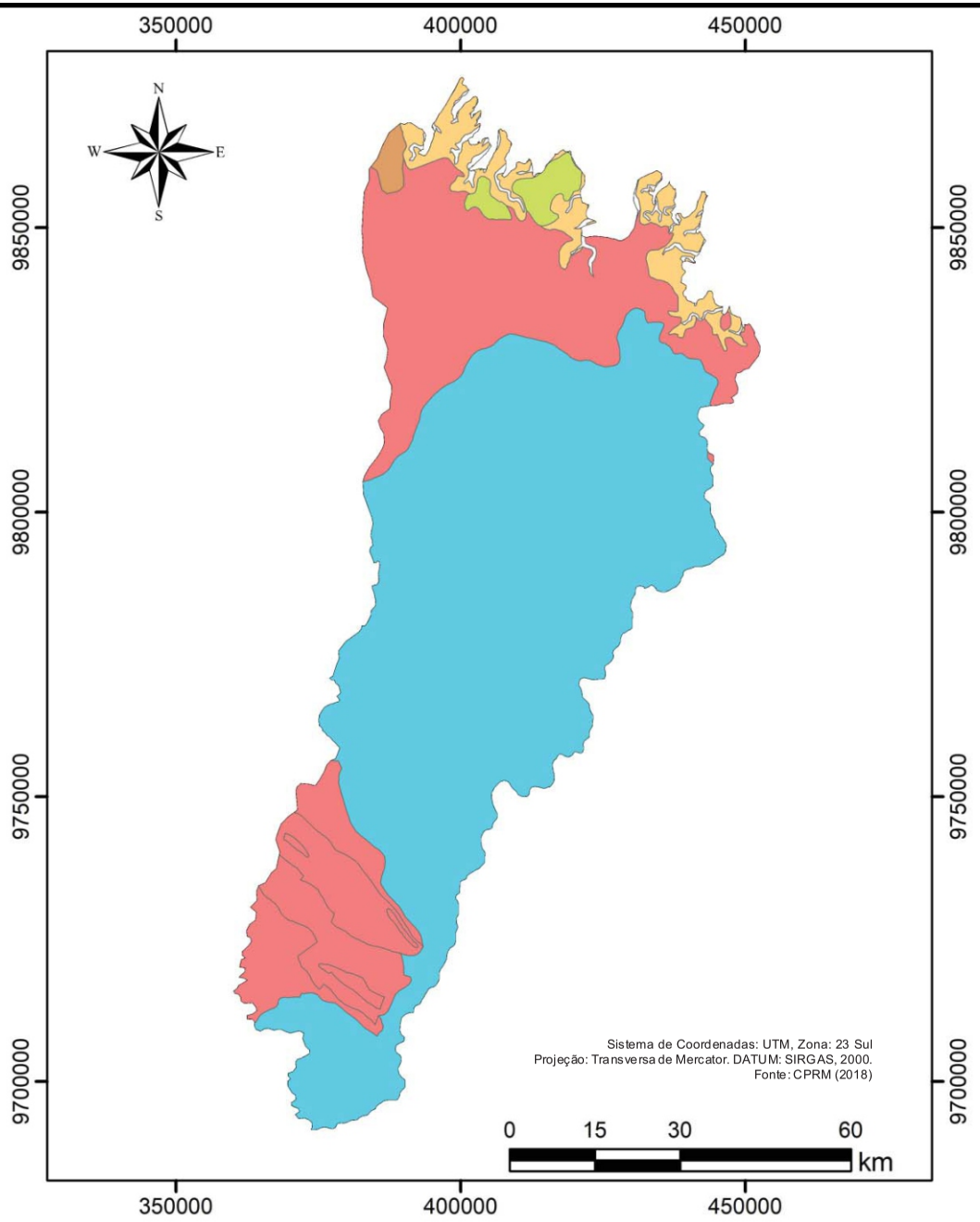
Aquífero	Área (km^2)
Sedimentos Litorâneos	263,384
Itapecuru	4.783,384
Cristalino	2.710,022
TOTAL	**7.756,790**

A **Tabela 3.22** mostra os dados dos poços, onde a ocorrência da água subterrânea ocorre a uma profundidade máxima de 30m, de poço tubular com profundidade de até 900m, vazões que alcançam 17,0 m³/h e águas que chegam a possuir condutividade elétrica de 801 uS/cm a 25ºC e STD de 480 mg/L, dentro do padrão (STD até 1.000 mg/L) admissível para águas potáveis para consumo humano no Brasil. Ressalta-se, ainda, que dos 467 poços cadastrados nesta bacia, 377 (80,72%) deles encontravam-se em uso à época do cadastramento.

Tabela 3.22 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Maracaçumé

Bacia Maracaçumé				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**N$^{o.}$ de dados**
Dados gerais				
Prof. (m)	41,72	6,00	900,00	418
NE (m)	8,39	0,16	30,00	74
Q (m^3/h)	7,32	1,00	17,00	11
CE (uS/cm)	226,46	32,10	801,00	412

LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)



Domínios Hidrogeológicos

- Depósitos litorâneos
- Bacia do Parnaíba
- Barreiras
- Cristalino
- Metassedimentos-Metavulcânicas

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

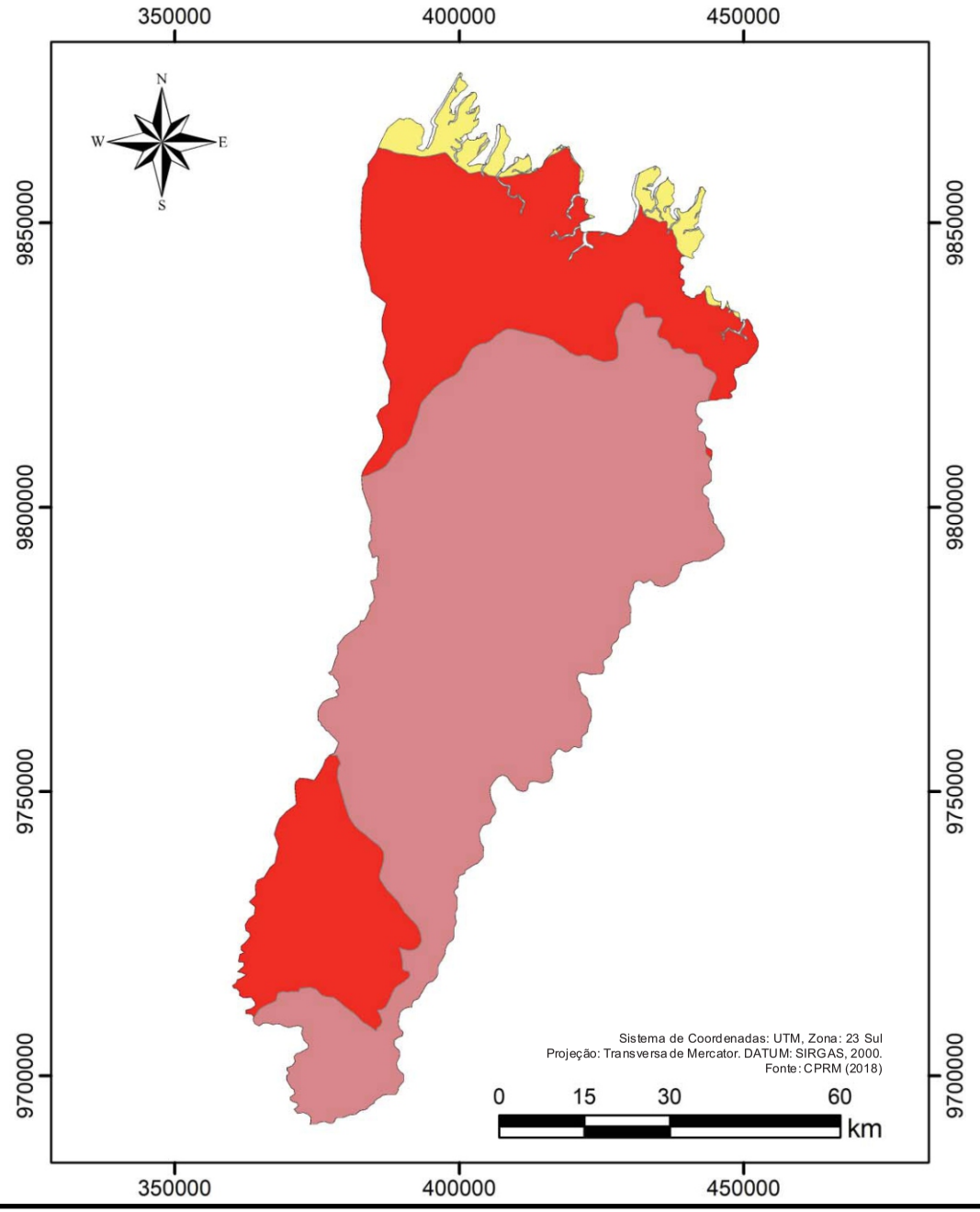
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.33

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Maracaçumé



Sistemas Hidrogeológicos

- Sedimentos Litorâneos
- Itapecuru
- Cristalino

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.34

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Maracaçumé

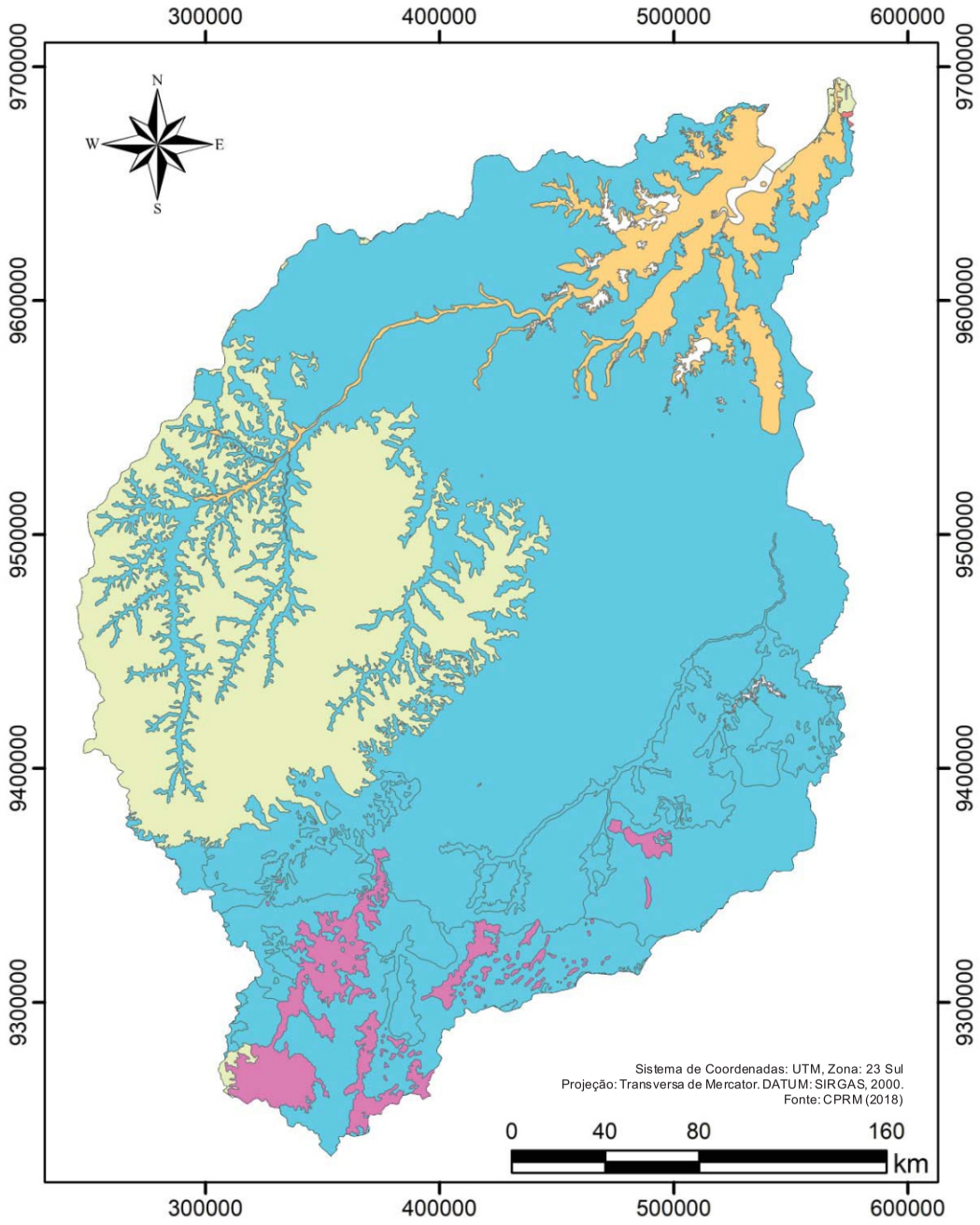
No SIAGAS não se tem dados de poços que denotem exatamente qual o aquífero que está sendo captado, criando uma dificuldade para explicitar a profundidade das águas subterrâneas e a vazão de poços por sistema hidrogeológico. Por representar um sistema predominantemente sedimentar clástico, adota-se que o Itapecuru, nesta bacia, também possua águas predominantemente localizadas até 20m de profundidade e que as vazões dos poços captando unicamente este aquífero estejam, também, predominantemente abaixo de 30,0 m³/h.

3.1.3.6. Bacia do Mearim

As águas subterrâneas da Bacia do Mearim são representadas pelo Domínio das Coberturas Indiferenciadas (Aluviões, Depósitos Litorâneos e Coberturas Indiferenciadas), Domínio Sedimentar Predominantemente Clástico (Bacia do Parnaíba) e Domínio Cristalino (Cristalino e Vulcânicas) (**Figura 3.35**). Quanto a classificação por sistemas hidrogeológicos, observa-se a presença do Barreiras, Codó, Corda, Grajaú, Itapecuru, Mosquito, Motuca, Pastos Bons, Sambaíba, Sardinha e Cristalino (**Figura 3.36**), sendo suas áreas de ocorrência expostas na **Tabela 3.23**, ressaltando-se a predominância significante do Itapecuru com 82.824,29 km² (83,61%).

Tabela 3.23 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia do Mearim

Aquífero	Área (km^2)
Barreiras	74,774
Itapecuru	82.824,298
Codó	4.631,948
Corda	2.732,035
Grajaú	1.924,389
Mosquito	3.129,088
Pastos Bons	10,176
Sambaíba	3.485,622
Sardinha	231,452
Cristalino	14,898
TOTAL	**99.058,680**



Domínios Hidrogeológicos

- Aluviões
- Depósitos litorâneos
- Coberturas Indiferenciadas
- Bacia do Parnaíba
- Cristalino
- Vulcânicas

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

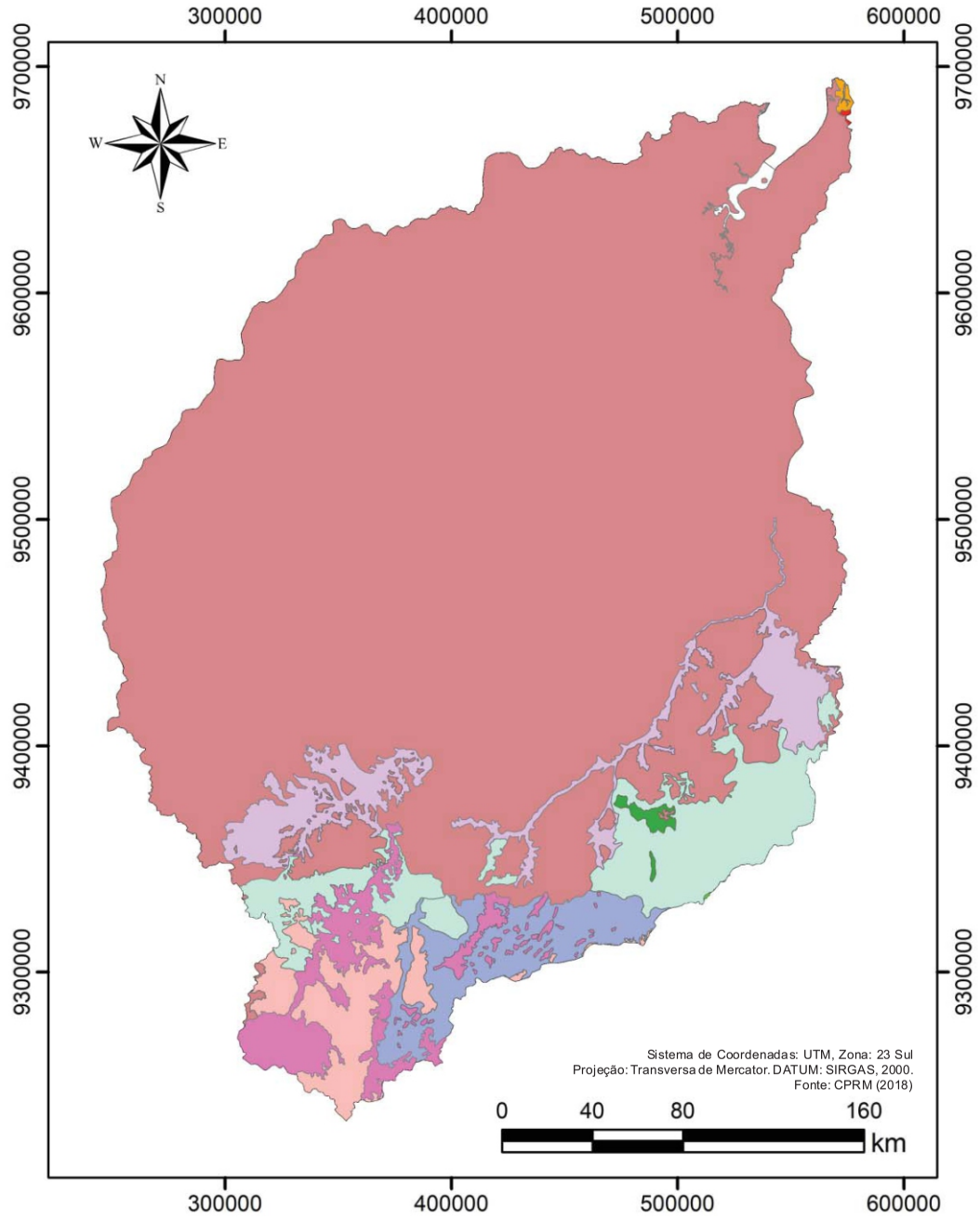
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.35

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Mearim



Sistemas Hidrogeológicos

- Barreiras
- Codó
- Corda
- Grajaú
- Itapecuru
- Mosquito
- Motuca
- Pastos Bons
- Sambaíba
- Sardinha
- Cristalino

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.36

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Mearim

A **Tabela 3.24** contém dados dos poços localizados na Bacia Mearim, que denotam a ocorrência da água subterrânea a uma profundidade máxima de 420m, valor anômalo mas que está cadastrado no SIAGAS e que, provavelmente, se deve ao topo de algum sistema aquífero; de poço tubular com profundidade de até 960m, vazões que alcançam 65,0 m³/h e águas que chegam a possuir condutividade elétrica de 1.943 uS/cm a 25ºC refletindo STD de 1.166 mg/L, fora do padrão (STD até 1.000 mg/L) admissível para águas potáveis para consumo humano no Brasil. Porém, observando-se os dados médios verifica-se que o nível estático é de 29,2m, a profundidade dos poços é de 111,29m, a vazão é de 7,5 m³/h e a condutividade elétrica é de 389,7 uS/cm que reflete STD de 234 mg/L, dentro do padrão admitido para águas potáveis.

Ressalta-se que dos 3.837 poços cadastrados nesta bacia, 3.053 (79,56%) deles encontravam-se em uso à época do cadastramento.

Tabela 3.24 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea da Bacia do Mearim

Bacia do Mearim				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Dados gerais				
Prof. (m)	111,29	2,00	960,00	3257
NE (m)	29,20	0,50	420,00	479
Q (m^3/h)	7,50	0,30	65,00	314
CE (uS/cm)	389,47	32,00	1943,00	2742

LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

No SIAGAS se tem o cadastro de poços captando os Aquíferos Aluvionar, Codó, Corda, Codó/Corda, Itapecuru/Codó/Corda, Itapecuru/Corda, Corda/Motuca, Corda/Sambaíba, Grajaú, Grajaú/Corda, Ilhas, Itapecuru/Corda, Itapecuru e Sambaíba (**Tabela 3.25**). Os dados médios observados refletem um nível estático que oscila de 1,81m no Aquífero Aluvionar, freático, a 51,79m, profundo, no Codó. Observa-se que a variação de profundidade da água subterrânea é grande, e este fato se deve, muitas vezes, ao posicionamento geológico do aquífero, sobreposto ou sotoposto a outros aquíferos, ou mesmo a variação topográfica onde o poço está localizado. Em termos de vazão média, a maior é a do Aquífero Codó com 22,99 m³/h. No geral, os aquíferos com maior vazão possuem uma porosidade primária intergranular, clástica, assim como a permeabilidade, primária, clástica.

Tabela 3.25 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia Mearim

Bacia Mearim				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Aquífero Itapecuru/Codó/Corda				
NE (m)	-	2,17	-	01
Q (m^3/h)	-	-	-	-
Aquífero Itapecuru/Corda				
NE (m)	-	11,90	-	01
Q (m^3/h)	-	-	-	-
Aquífero Aluvionar				
NE (m)	1,81	1,22	2,35	05
Q (m^3/h)	7,58	2,20	9,23	05
Aquífero Codó				
NE (m)	51,79	0,50	236,80	31
Q (m^3/h)	22,14	0,36	103,00	30
Aquífero Corda				
NE (m)	43,25	1,50	236,80	35
Q (m^3/h)	22,99	0,40	103,00	34
Aquífero Codó/Corda				
NE (m)	34,95	4,45	65,45	02
Q (m^3/h)	15,50	13,00	18,00	02
Aquífero Corda/Motuca				
NE (m)	-	56,50	-	01
Q (m^3/h)	-	8,00	-	01
Aquífero Corda/Sambaíba				
NE (m)		15,00		01
Q (m^3/h)	-	34,40	-	01
Aquífero Grajaú				
NE (m)	-	137,00	-	01
Q (m^3/h)	10,45	2,00	24,00	04
Aquífero Grajaú/Corda				
NE (m)	-	66,00	-	01
Q (m^3/h)	-	15,00	-	01
Aquífero Ilhas				
NE (m)	-	18,98	-	01
Q (m^3/h)	-	74,58	-	01
Aquífero Itapecuru/Corda				
NE (m)	-	18,98	-	01
Q (m^3/h)	-	16,40	-	01
Aquífero Itapecuru				
NE (m)	34,12	1,20	369,00	171
Q (m^3/h)	-	1,00	65,45 (?)	159
Aquífero Sambaíba				
NE (m)	19,70	2,00	33,50	04
Q (m^3/h)	8,93	0,36	18,41	04

LEGENDA: NE – Nível estático; Q – Vazão do poço. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

3.1.3.7. Bacia do Munim

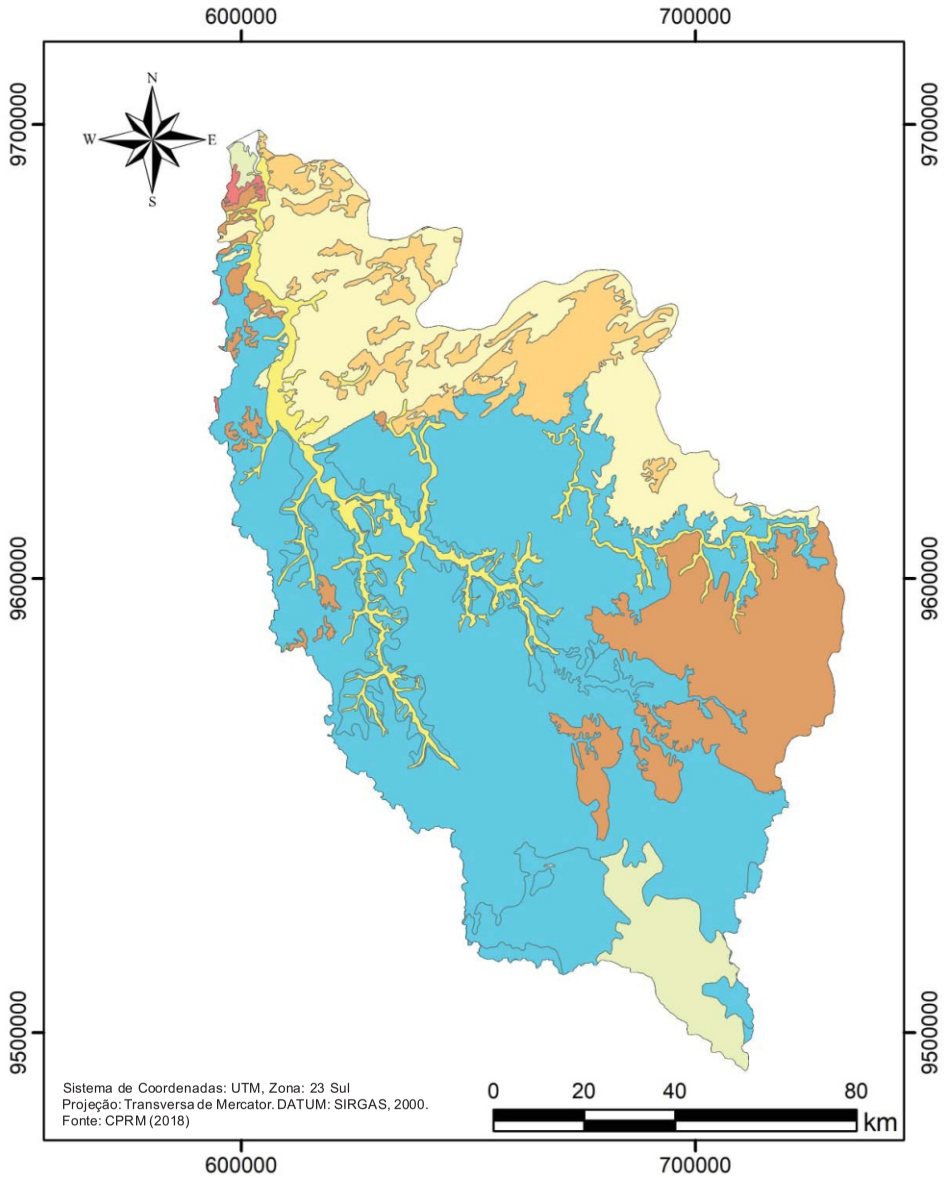
Na Bacia Munim encontram-se os Domínios das Coberturas Indiferenciadas (Aluviões, Dunas, Depósitos Litorâneos e Coberturas Indiferenciadas), Sedimentar Predominantemente Clástico (Bacia do Parnaíba e Barreiras) e Cristalino (Cristalino) (**Figura 3.37**). Em relação aos sistemas hidrogeológicos, ocorrem o Aluvionar, Dunas, Barreiras, Codó, Itapecuru, Motuca, Pedra de Fogo e Cristalino (**Figura 3.38**), sendo suas áreas de ocorrência expostas na **Tabela 3.26**, onde se observa a predominância do Itapecuru com 7.439,71 km² (46,73%) seguido do Dunas com 3.494,09 km² (21,95%).

Tabela 3.26 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia do Munim

Aquífero	Área (km^2)
Aluvionar	974,349
Dunas	3.494,092
Barreiras	2.023,408
Itapecuru	7.439,714
Codó	820,453
Motuca	1.006,145
Pedra de Fogo	127,051
Cristalino	32,828
TOTAL	***15.918,040***

A **Tabela 3.27** contém dados dos poços localizados na Bacia Munim, onde se tem a ocorrência da água subterrânea a uma profundidade máxima de 100m, de poço tubular com profundidade de até 735m, vazões que alcançam 60,0 m³/h e águas que chegam a possuir condutividade elétrica de 1.643 uS/cm a 25ºC refletindo STD de 986,0 mg/L, muito próximo ao limite máximo do padrão (STD até 1.000 mg/L) admissível para águas potáveis para consumo humano. Os valores médios mostram águas freáticas, rasas, onde o nível estático é de 12,72m; a profundidade dos poços é de 81,35m, a vazão é de 6,21m³/h, praticamente 10% encontrada para a vazão máxima, e a condutividade elétrica é de 306, 94 uS/cm refletindo valor médio de STD de 184 mg/L, bem abaixo do VMP padrão (STD até 1.000 mg/L) admissível para águas potáveis.

Ressalta-se, ainda, que dos 663 poços cadastrados nesta bacia, 478 (72,09%) deles encontravam-se em uso à época do cadastramento.



Domínios Hidrogeológicos

- Aluviões
- Dunas
- Depósitos litorâneos
- Coberturas Indiferenciadas
- Bacia do Parnaíba
- Barreiras
- Cristalino

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

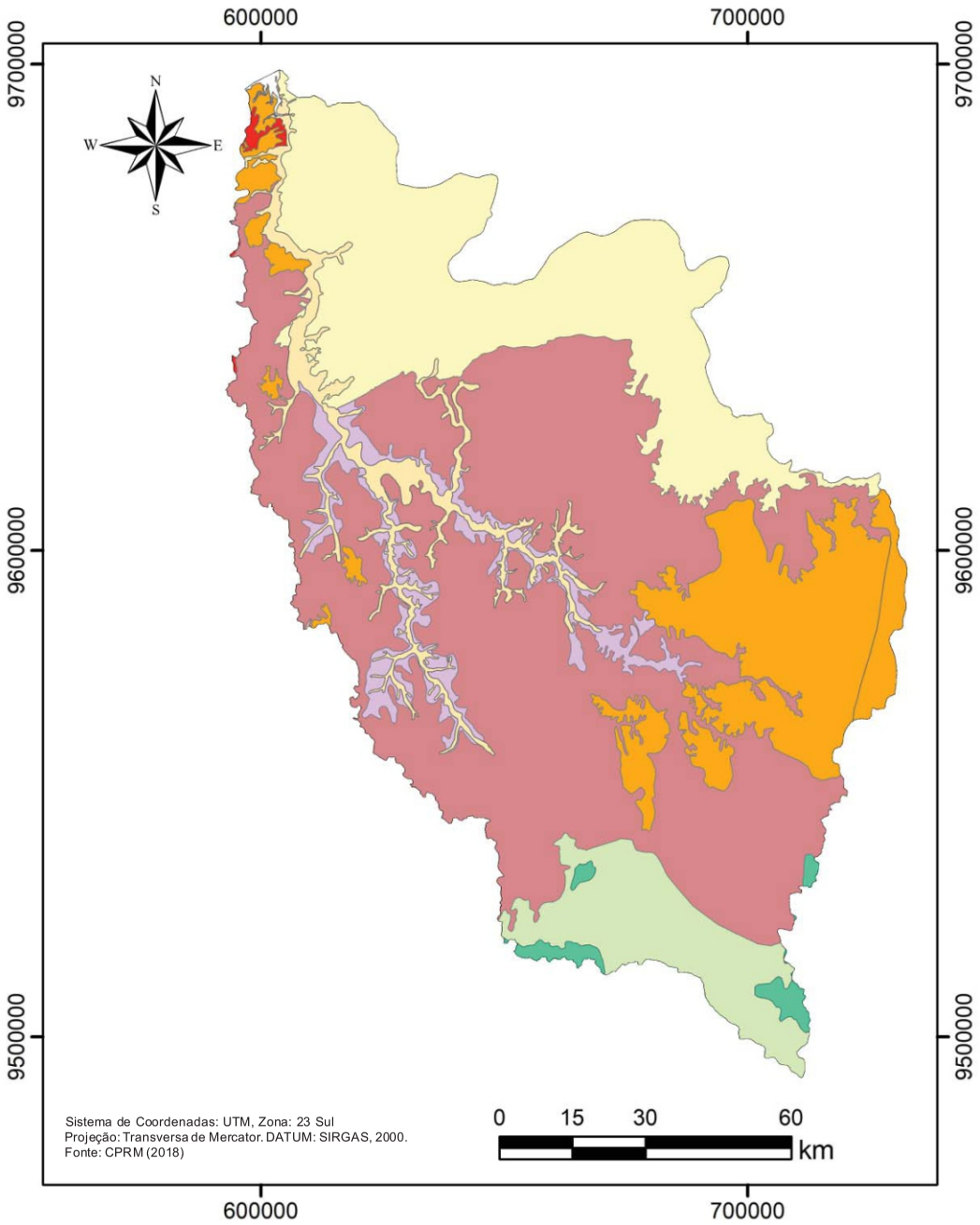
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.37

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Munim



Sistemas Hidrogeológicos

- Aluvionar
- Dunas
- Barreiras
- Codó
- Itapecuru
- Motuca
- Pedra de Fogo
- Cristalino

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.38

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Munim

Tabela 3.27 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Munim

Bacia Munim				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Dados gerais				
Prof. (m)	81,35	5,20	735,00	616
NE (m)	12,72	0,15	100,00	165
Q (m^3/h)	6,21	1,00	60,00	72
CE (uS/cm)	306,94	30,00	1643,00	427

LEGENDA¨ Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q - Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

No SIAGAS se tem o cadastro de poços captando os Aquíferos Codó, Corda, Itapecuru e Itararé, este não possuindo dados hidrogeológicos (**Tabela 3.28**). Os dados para o Codó e o Corda ficam restritos a um poço em cada aquífero. Para o Itapecuru, o nível estático oscila de 0,40 a 23,04m, com média de 11,03m refletindo um caráter freático.

Em termos de vazão do Itapecuru, existe uma variação de 0,6 a 100,0 m³/h, com média de 11,34 m³/h. Deve ser observado que o valor de 100 m³/h é algo anômalo, porém cadastrado no SIAGAS. O valor médio reflete mais o comportamento aquífero deste sistema em termos de Maranhão. No SIAGAS, não se tem dados para esta bacia dos parâmetros de condutividade hidráulica, porosidade eficaz e transmissividade.

Tabela 3.28 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia Munim

Bacia Munim				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Aquífero Codó				
NE (m)	-	42,00	-	1
Q (m^3/h)	-	13,00	-	1
Aquífero Corda				
NE (m)	-	42,00	-	1
Q (m^3/h)	-	13,00	-	1
Aquífero Itapecuru				
NE (m)	11,03	0,40	23,04	22
Q (m^3/h)	11,34	0,60	100,00	21
Aquífero Itararé				
Sem dados				

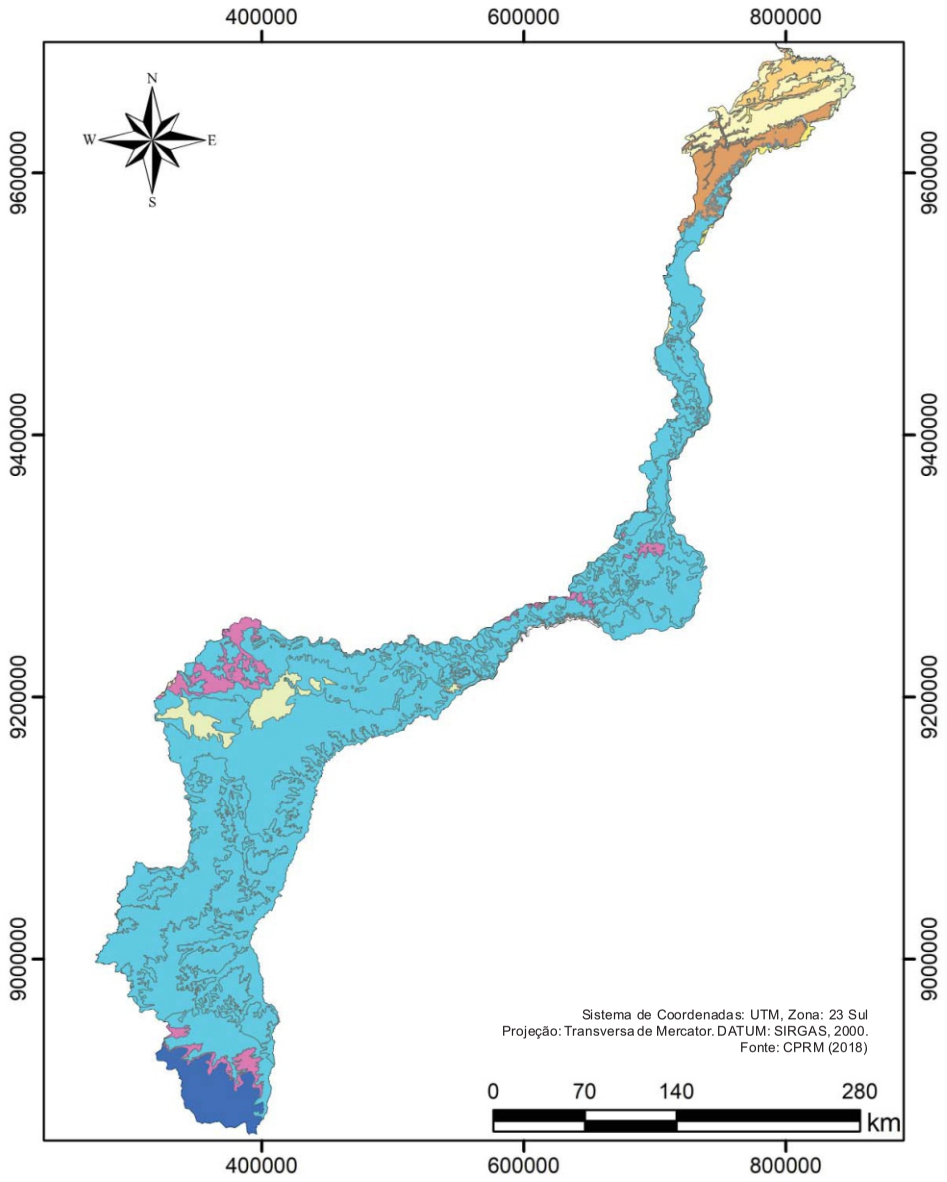
LEGENDA: NE – Nível estático; Q – Vazão do poço. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

3.1.3.8. Bacia do Parnaíba

As águas subterrâneas da Bacia do Parnaíba são representadas pelo Domínio das Coberturas Indiferenciadas (Aluviões, Dunas, Depósitos Litorâneos e Coberturas Indiferenciadas), Domínio Sedimentar Predominantemente Clástico (Bacia do Parnaíba, Bacia do Urucuia e Barreiras) e Domínio Cristalino (Cristalino e Vulcânicas) (**Figura 3.39**). Nesta bacia ocorrem os Sistemas Hidrogeológicos Aluvionar, Dunas, Sedimentos Litorâneos, Barreiras, Corda, Itapecuru, Longá, Mosquito, Motuca, Pastos Bons, Piauí, Pedra de Fogo, Pimenteiras, Poti, Sambaíba, Sardinha e Urucuia (**Figura 3.40**), com suas áreas de ocorrência expostas na **Tabela 3.29** predominando o Pedra de Fogo com 17.922,64 km² (26,97%) seguido do Piauí com 17.006,12 km² (25,59%).

Tabela 3.29 - Áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos aflorantes na Bacia do Parnaiba

Aquífero	Área (km^2)
Aluvionar	354,73
Dunas	4.248,36
Sedimentos Litorâneos	8,01
Barreiras	2.495,43
Itapecuru	86,89
Corda	3.656,11
Itapecuru	86,89
Longa	33,57
Mosquito	2.635,25
Motuca	8.054,51
Pastos Bons	679,73
Pedra de Fogo	17.922,64
Piauí	17.006,12
Pimenteiras	12,77
Poti	840,06
Sambaíba	5.309,18
Sardinha	368,72
Urucuia	2.736,93
TOTAL	***66.449,09***



Domínios Hidrogeológicos

- Aluviões
- Dunas
- Depósitos litorâneos
- Coberturas Indiferenciadas
- Bacia do Parnaíba
- Bacia do Urucuia
- Barreiras
- Cristalino
- Vulcânicas

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

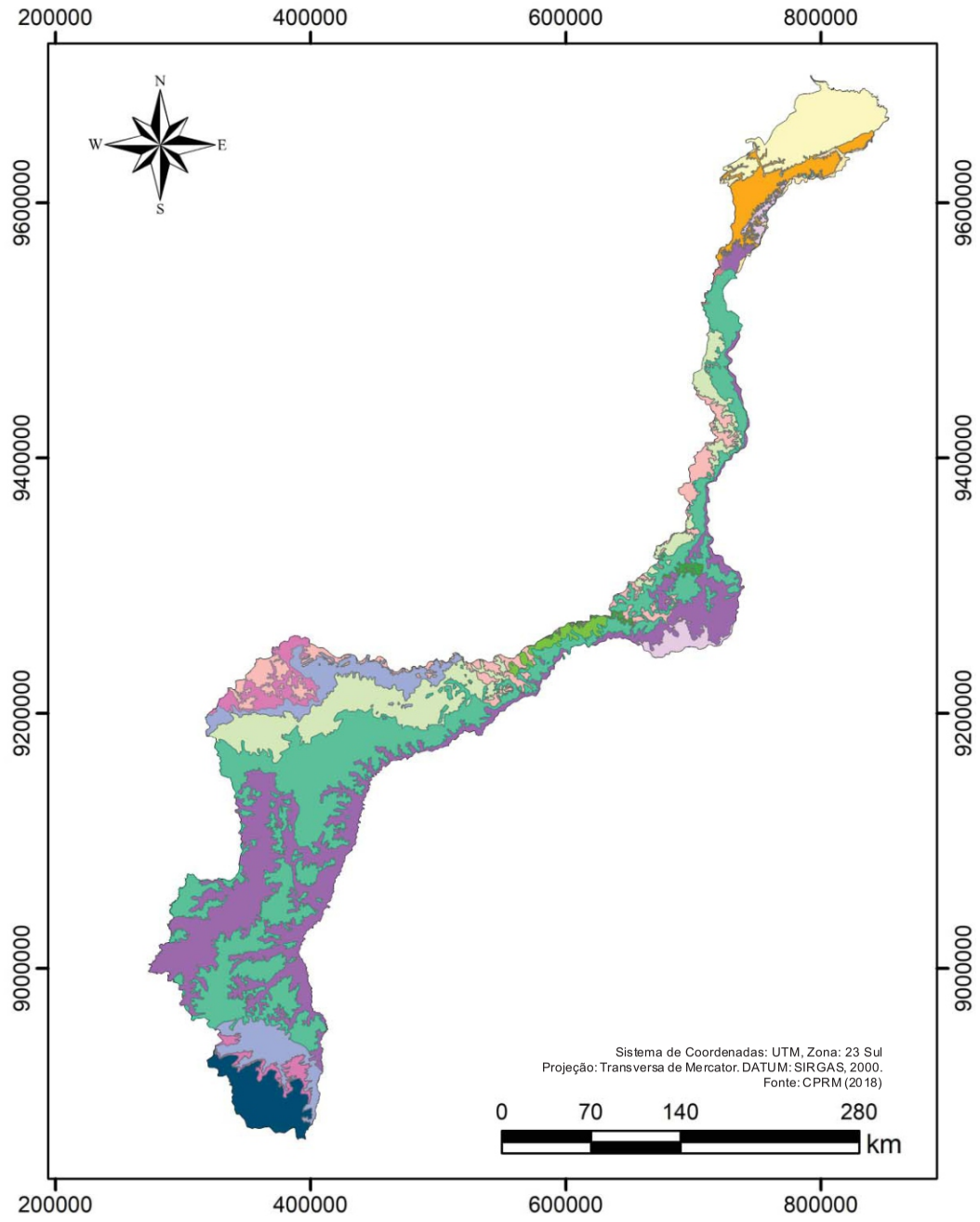
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.39

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Parnaíba



Sistemas Hidrogeológicos

- Aluvionar
- Dunas
- Sedimentos Litorâneos
- Barreiras
- Corda
- Itapecuru
- Longá
- Mosquito
- Motuca
- Pastos Bons
- Pedra de Fogo
- Piauí
- Pimenteiras
- Poti
- Sambaíba
- Sardinha
- Urucuia

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.40

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Parnaíba

A **Tabela 3.30** contém dados dos poços localizados na Bacia do Parnaíba, onde observa-se a ocorrência da água subterrânea a uma profundidade máxima de 245m, valor anômalo porém cadastrado no SIAGAS; de poço tubular com profundidade de até 600m, vazões que alcançam 40,0 m³/h e águas que chegam a possuir condutividade elétrica de 1986,0 uS/cm a 25ºC refletindo STD de 1.192 mg/L, fora do padrão (STD até 1.000 mg/L) admissível para águas potáveis para consumo humano. Os dados médios mostram águas a 26,53m de profundidade, profundidade de poços de 82,39m, vazão de 18,15 m³/h e condutividade elétrica de 344,68 uS/cm e STD de 207 mg/L, abaixo do valor máximo permitido para águas potáveis.

Ressalta-se, ainda, que dos 2.094 poços cadastrados nesta bacia, 1.683 (80,37%) deles encontravam-se em uso à época do cadastramento.

Tabela 3.30 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia do Parnaíba

Bacia do Parnaíba				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Dados gerais				
Prof. (m)	82,39	3,00	600,00	1777
NE (m)	26,53	0,45	245,00	537
Q (m^3/h)	18,15	4,80	40,00	11
CE (uS/cm)	344,68	22,71	1986,00	1606

LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

No SIAGAS se tem o cadastro de poços captando os Aquíferos Corda, Itapecuru, Motuca, Pedra de Fogo, Piauí e Sambaíba (**Tabela 3.31**). Os dados médios refletem o seguinte comportamento: nível estático oscilando de 3,93m no Aquífero Corda a 46,08m no Itapecuru; vazão variando de 7,0 m³/h no Motuca a 44 m³/h no Corda. No SIAGAS não se dispõe de dados dos parâmetros de condutividade hidráulica, porosidade eficaz e transmissividade.

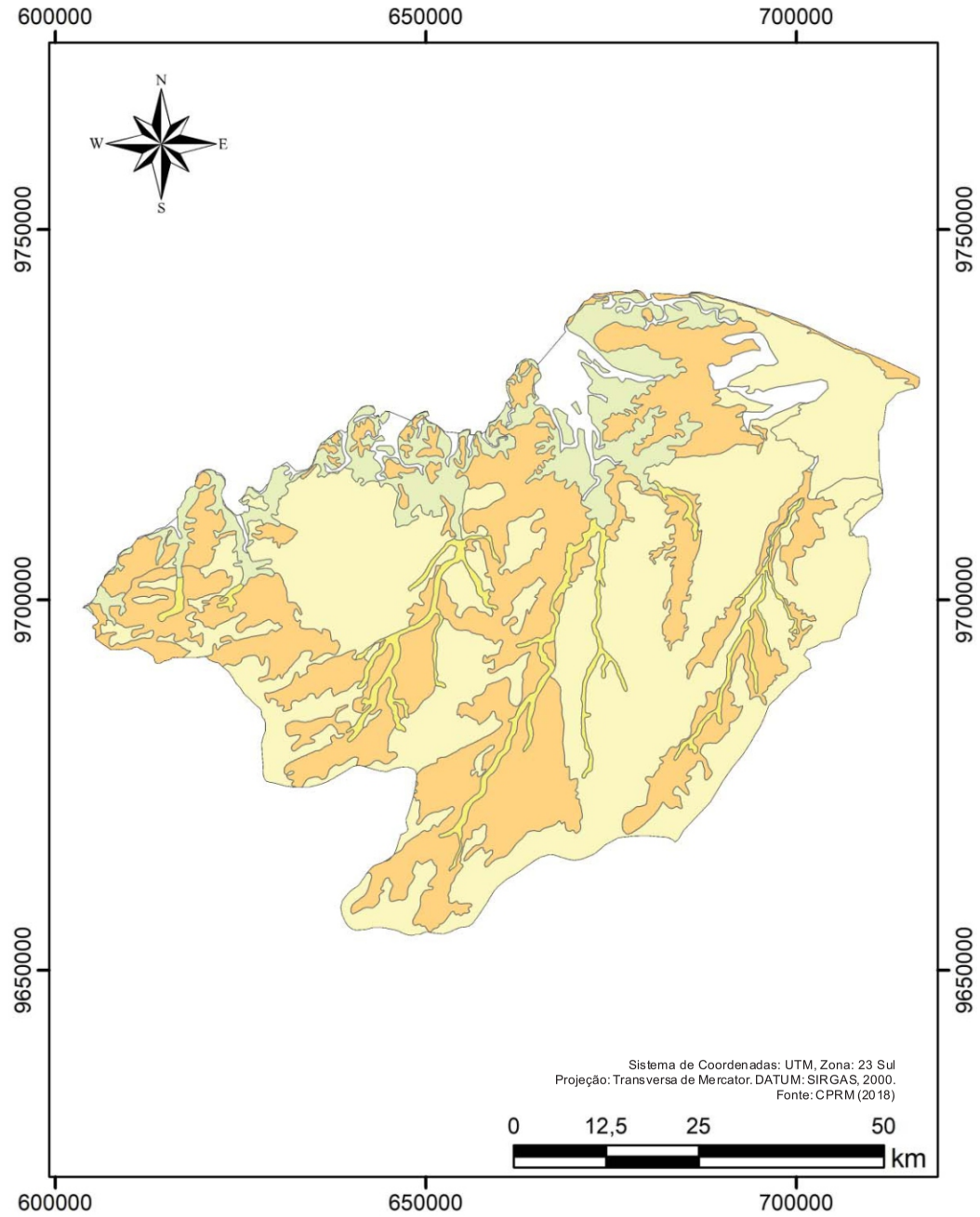
Tabela 3.31 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia do Parnaíba

Bacia do Parnaíba				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Aquífero Corda				
NE (m)	3,93	3,80	4,10	4
Q (m^3/h)	44,00	40,00	48,00	4
Aquífero Itapecuru				
NE (m)	46,08	6,00	164,00	4
Q (m^3/h)	12,07	4,80	30,46	4
Aquífero Motuca				
NE (m)	20,00	4,50	42,50	03
Q (m^3/h)	7,00	4,00	12,00	03
Aquífero Pedra de Fogo				
NE (m)	43,81	8,00	85,40	06
Q (m^3/h)	14,24	6,00	22,00	05
Aquífero Piauí				
NE (m)	21,61	0,22	130,00	53
Q (m^3/h)	19,90	1,50	168,00	51
Aquífero Sambaíba				
NE (m)	-	14,00	-	01
Q (m^3/h)	-	0,40	-	01

LEGENDA: NE – Nível estático; Q – Vazão do poço. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

3.1.3.9. Bacia do Periá

As águas subterrâneas da Bacia do Periá são representadas totalmente pelo Domínio das Coberturas Indiferenciadas (Aluviões, Dunas, Depósitos Litorâneos e Coberturas Indiferenciadas) (**Figura 3.41**). Em termos de sistemas hidrogeológicos, nela ocorrem o Aluvionar, Dunas e Depósitos Litorâneos (**Figura 3.42**), sendo suas áreas de ocorrência expostas na **Tabela 3.32**, ressaltando-se a predominância quase que total das Dunas com 5.352,86 km² (99,21%).



Domínios Hidrogeológicos

- Aluviões
- Dunas
- Depósitos litorâneos
- Coberturas Indiferenciadas

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

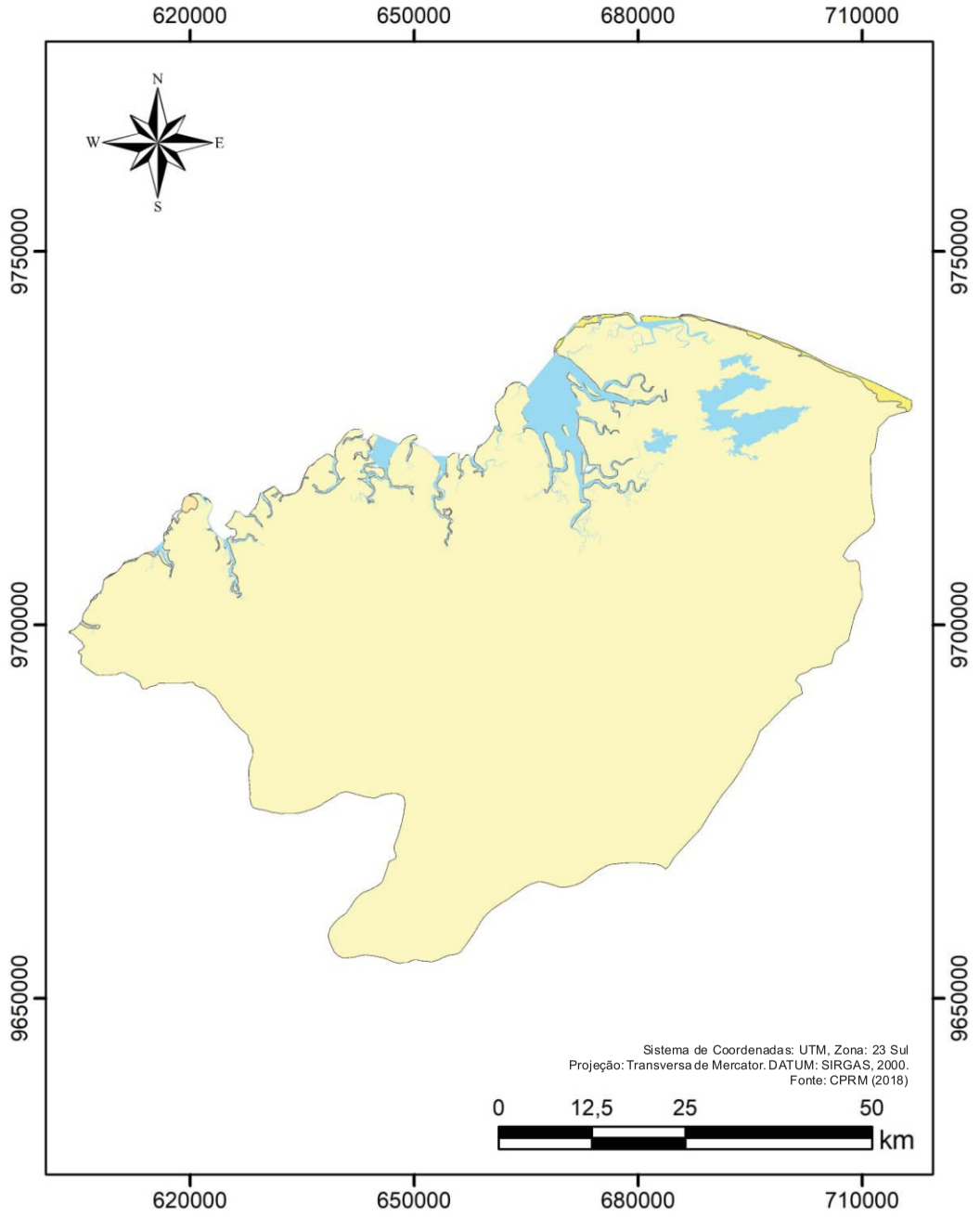
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.41

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Periá



Sistemas Hidrogeológicos

- Aluvionar
- Dunas
- Sedimentos Litorâneos

Convenções cartográficas

- Drenagem

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.42

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Periá

Tabela 3.32 - Áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos aflorantes na Bacia Periá

Aquífero	Área (km^2)
Aluvionar	7,50
Dunas	5.352,86
Sedimentos Litorâneos	35,00
TOTAL	**5.395,36**

Os dados dos poços localizados na Bacia Periá com profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica encontram-se na **Tabela 3.33**, onde ressalta-se a ocorrência da água subterrânea a uma profundidade máxima de 30m, de poço tubular com profundidade de até 95,0m, vazão máxima de 12,0 m³/h e água com condutividade elétrica máxima de 1.443 uS/cm a 25ºC, o que reflete um STD de 866 mg/L, dentro do padrão (STD até 1.000 mg/L) admissível para águas potáveis para consumo humano pelas normas brasileiras. Os valores médios calculados para estes parâmetros mostram um nível estático freático com 12,93m, refletindo águas pouco profundas e susceptíveis a carga poluente antrópica, profundidade de poços de 41,48m, medianamente profundos, vazão de 8,4 m³/h e condutividade elétrica de 227,84 uS/cm (STD de 137 mg/L).

Ressalta-se, ainda, que dos 90 poços cadastrados nesta bacia, 68 (75,55%) deles encontravam-se em uso à época do cadastramento.

Tabela 3.33 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Periá.

Bacia Periá				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Dados gerais				
Prof. (m)	41,48	8,00	95,00	86
NE (m)	12,93	1,50	30,00	38
Q (m^3/h)	8,40	4,80	12,00	02
CE (uS/cm)	227,84	30,00	1443,00	61

LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

No SIAGAS se tem o cadastro de um único poço com denominação do aquífero captado, com dados do Sedimentos Costeiros, cujo nível estático é de 4,0 em e vazão de 8,61 m³/h (**Tabela 3.34**).

Tabela 3.34 - Dados de nível estático e vazão por aquífero na Bacia Periá

Bacia Periá				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Aquíferos Sedimentos Costeiros				
NE (m)	-	4,00	-	01
Q (m^3/h)	-	8,61	-	01

LEGENDA: NE – Nível estático; Q – Vazão do poço. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

3.1.3.10. Bacia do Preguiças

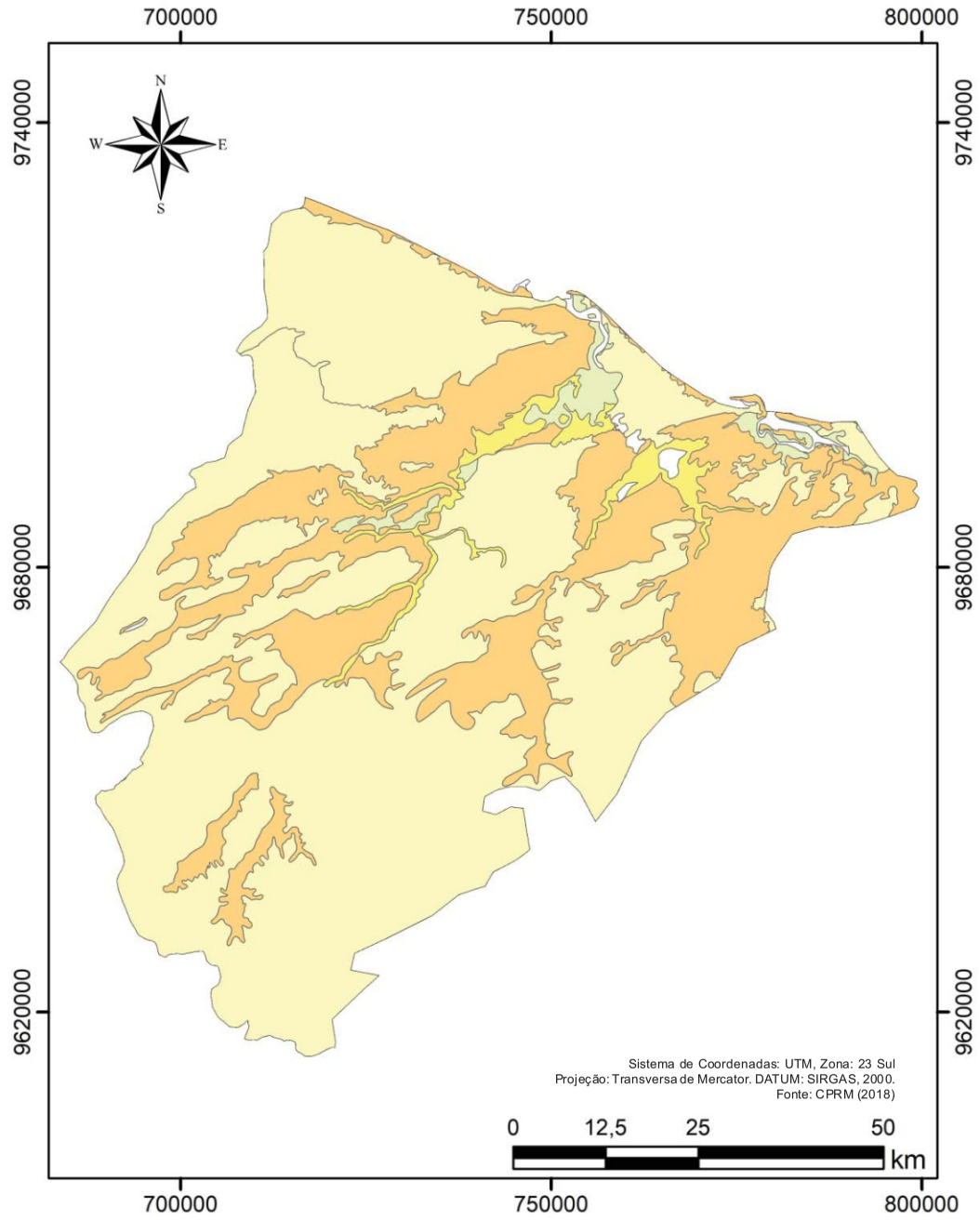
As águas subterrâneas da Bacia Preguiças são representadas pelo Domínio das Coberturas Indiferenciadas (Aluviões, Dunas, Depósitos Litorâneos e Coberturas Indiferenciadas) (**Figura 3.43**) e os sistemas hidrogeológicos que nela ocorrem são Dunas e Sedimentos Litorâneos (**Figura 3.44**). Suas áreas de ocorrência, expostas na **Tabela 3.35** ressaltam a predominância quase que total das Dunas com 6.642,99 km² (99,03%).

Tabela 3.35 - Áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos aflorantes na Bacia Preguiças

Dunas	6.642,99
Sedimentos Litorâneos	64,91
TOTAL	**6.707,90**

A **Tabela 3.36** contém dados de poços na Bacia Preguiças, onde a água subterrânea ocorre em profundidade máxima de 21,64m, de poço tubular com profundidade de até 120m, pequenas vazões, com máxima de 5,0 m³/h, e águas com condutividade elétrica de até 835 uS/cm a 25ºC (STD de 501 mg/L), dentro do padrão (STD até 1.000 mg/L) admissível para águas potáveis para consumo humano. Os dados médios ressaltam a ocorrência de nível estático muito raso, de 7,79m, altamente susceptível a contaminação por cargas poluentes antrópicas, e poços medianamente profundos, com 26,54m.

Ressalta-se, ainda, que dos 234 poços cadastrados nesta bacia, 204 (87,17%) deles encontravam-se em uso à época do cadastramento.



Domínios Hidrogeológicos

- Aluviões
- Dunas
- Depósitos litorâneos
- Coberturas Indiferenciadas

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

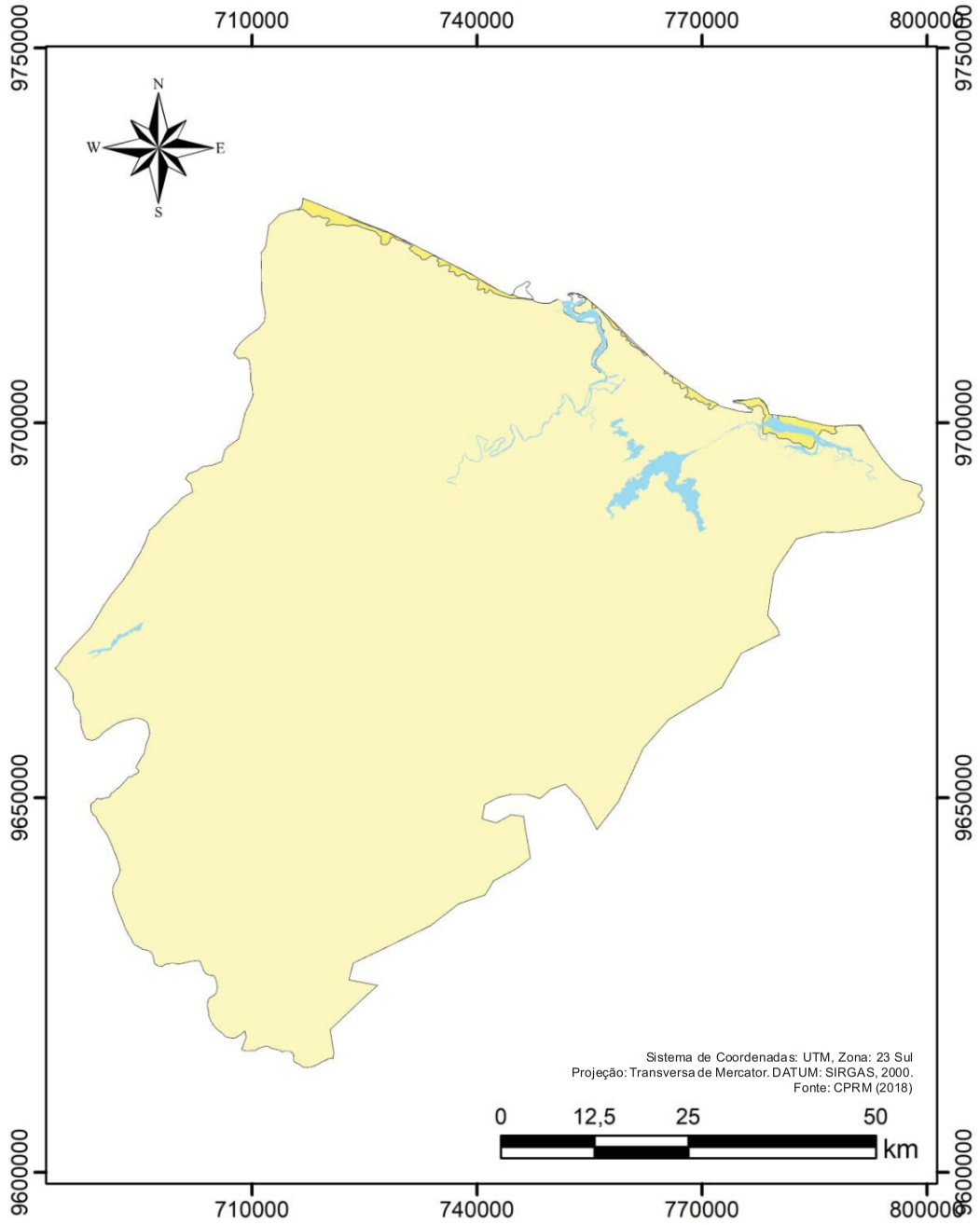
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.43

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Preguiças



Sistemas Hidrogeológicos

- Dunas
- Sedimentos Litorâneos

Convenções cartográficas

- Drenagem

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.44

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Preguiças

Tabela 3.36 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Preguiças.

Bacia				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Dados gerais				
Prof. (m)	26,54	6,00	120,00	226
NE (m)	7,79	1,00	21,64	112
Q (m^3/h)	5,00	5,00	5,00	2
CE (uS/cm)	142,99	30,00	835,00	199

LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

No SIAGAS não se tem dados de poços para as Coberturas Cenozoicas. Para os Aquíferos Aluvionar e Itapecuru, embora não se tenha este aquífero no mapa de sistemas hidrogeológicos, existe somente um poço para cada um deles, refletindo águas sub-aflorantes para o primeiro e muito rasas para o segundo, enquanto as vazões oscilam de 3,0 m³/h (Aluvionar) a 10,15 m³/h (Itapecuru). Pela profundidade do nível estático, se pode classificar estes dois sistemas, nesta bacia, como altamente vulneráveis a poluição antrópica. (**Tabela 3.37**).

Tabela 3.37 - Dados de nível estático e vazão por aquífero na Bacia Preguiças

Bacia Preguiças				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Aquífero Aluvionar				
NE (m)	-	1,00	-	01
Q (m^3/h)	-	3,00	-	01
Aquífero Coberturas Cenozoicas				
Sem dados				
Aquífero Itapecuru				
NE (m)	-	3,55	-	01
Q (m^3/h)	-	10,15	-	01

LEGENDA: NE – Nível estático; Q – Vazão do poço. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

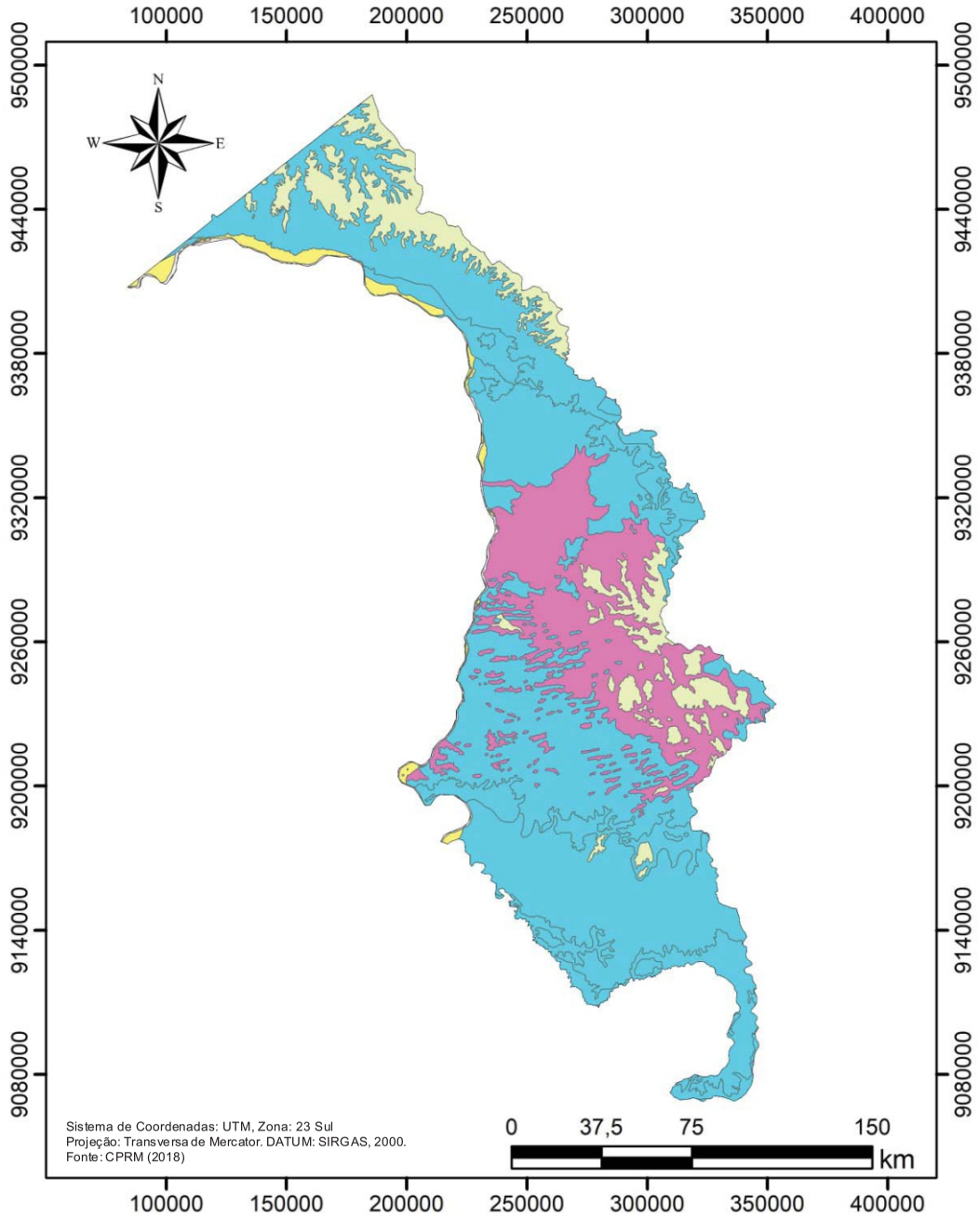
3.1.3.11. Bacia Tocantins

As águas subterrâneas da Bacia Tocantins são representadas pelos Domínios das Coberturas Indiferenciadas (Aluviões e Coberturas Indiferenciadas), Sedimentar Predominantemente Clástico (Bacia do Parnaíba) e Cristalino (Vulcânicas) (**Figura 3.45**). Quanto a classificação por sistemas hidrogeológicos, nela ocorrem o Aluvionar, Codó, Corda, Grajaú, Itapecuru, Mosquito, Motuca, Pedra de Fogo, Piauí e Sambaíba (**Figura 3.46**), sendo suas áreas de ocorrência expostas na **Tabela 3.38**, com predominância do Sistema Sambaíba com 5.483, km57² (17,88%) seguido do Itapecuru com 5.155,98 km² (16,81%).

Tabela 3.38 - Áreas de ocorrência dos sistemas hidrogeológicos aflorantes na Bacia Tocantins

Aquífero	Área (km^2)
Aluvionar	973,31
Itapecuru	5.155,98
Codó	627,85
Corda	2.721,86
Grajaú	706,30
Mosquito	7.731,30
Motuca	1.179,72
Pedra de Fogo	4.578,76
Piauí	1.506,46
Sambaíba	5.483,57
TOTAL	***30.665,15***

A **Tabela 3.39** contém dados dos poços na Bacia Tocantins, onde se observa ocorrência da água subterrânea até 200m, valor anômalo mas cadastrado no SIAGAS e provavelmente se reportando ao topo de um aquífero confinado; poço tubular com profundidade de até 470m, bem mais profundo que a média encontrada no Maranhão, vazão máxima de 95,0 m³/h e condutividade elétrica de 1.279 uS/cm a 25ºC (STD de 767 mg/L), dentro do padrão (STD até 1.000 mg/L) admissível para águas potáveis para consumo humano no Brasil. Os dados médios mostram nível estático de 30,69m, profundidade de poço de 133,74m, profundos, vazão de 24,39 m³/h e condutividade elétrica de 240,05 uS/cm. A vazão média nesta bacia é bem elevada, refletindo a predominância dos sistemas aquíferos relacionados a Província Hidrogeológica do Parnaíba.



Domínios Hidrogeológicos

- Aluviões
- Coberturas Indiferenciadas
- Bacia do Parnaíba
- Vulcânicas

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

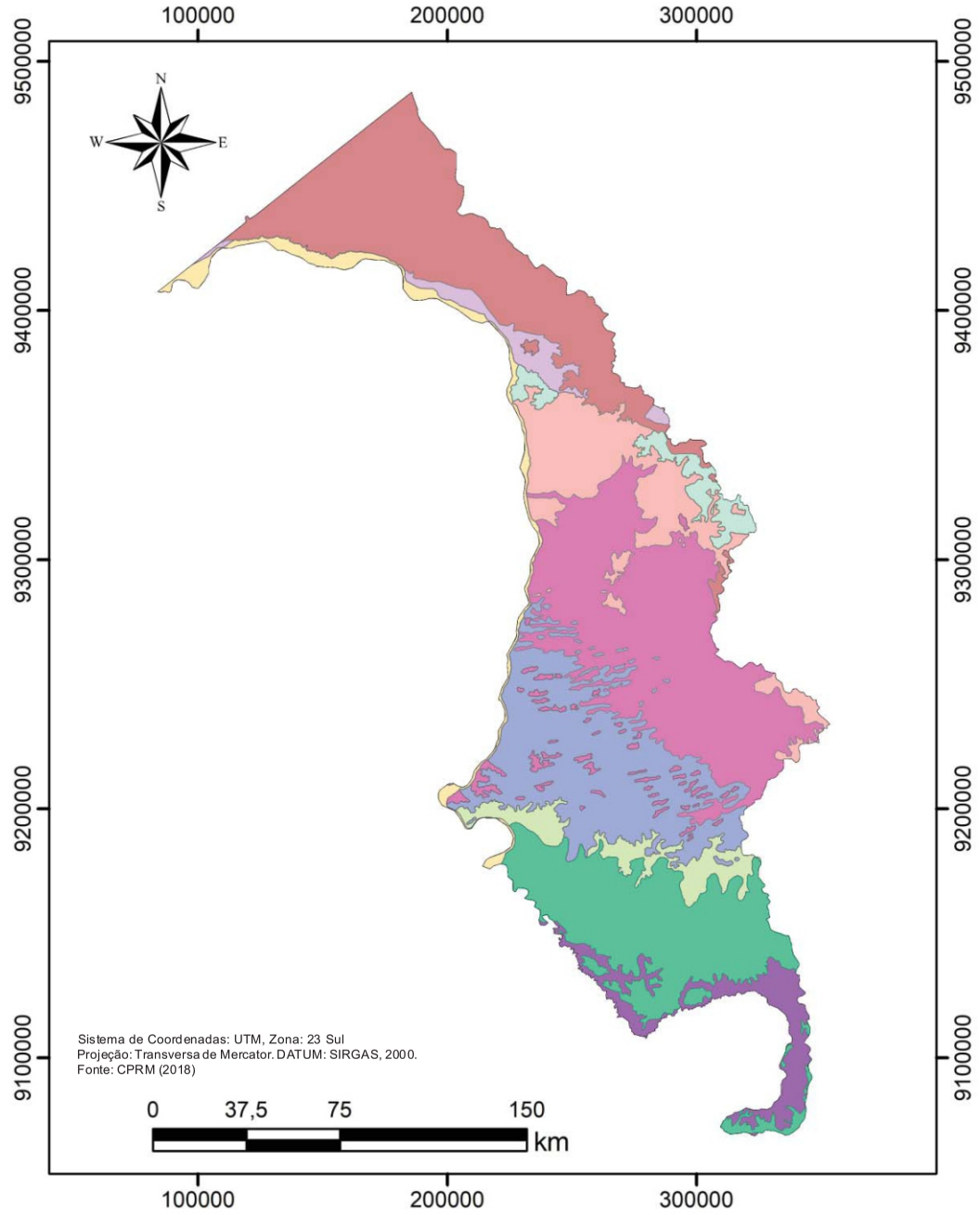
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.45

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Tocantins



Sistemas Hidrogeológicos

- Aluvionar
- Codó
- Corda
- Grajaú
- Itapecuru
- Mosquito
- Motuca
- Pedra de Fogo
- Piauí
- Sambaíba

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.46

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Tocantins

Ressalta-se, ainda, que dos 515 poços cadastrados nesta bacia, 405 (78,64%) deles encontravam-se em uso à época do cadastramento.

Tabela 3.39 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Tocantins

Bacia Tocantins				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Dados gerais				
Prof. (m)	133,74	8,00	470,00	428
NE (m)	30,69	1,40	200,00	156
Q (m^3/h)	24,39	2,50	95,00	16
CE (uS/cm)	240,05	30,01	1279,00	367

LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

No SIAGAS se tem o cadastro de poços, na Bacia Tocantins, captando os Aquíferos Corda, Codó, Grajaú, Itapecuru, Mosquito, Motuca e Piauí (**Tabela 3.40**). O nível estático médio oscila de 4,7m (Aquífero Corda) a 77,6m (Itapecuru) e acredita-se que as elevadas profundidades no Itapecuru sejam decorrentes do posicionamento altimétrico do poço em cotas mais elevadas.

Em termos de vazão média, ela oscila de 2,38 m³/h (Motuca) a 46,70 (Corda), mostrando claramente um bom potencial para os sistemas predominantemente clásticos do Parnaíba. No geral, estes aquíferos possuem uma porosidade primária intergranular, clástica, assim como a permeabilidade, primária, clástica. No SIAGAS, não se tem dados para esta bacia dos parâmetros de condutividade hidráulica, porosidade eficaz e transmissividade.

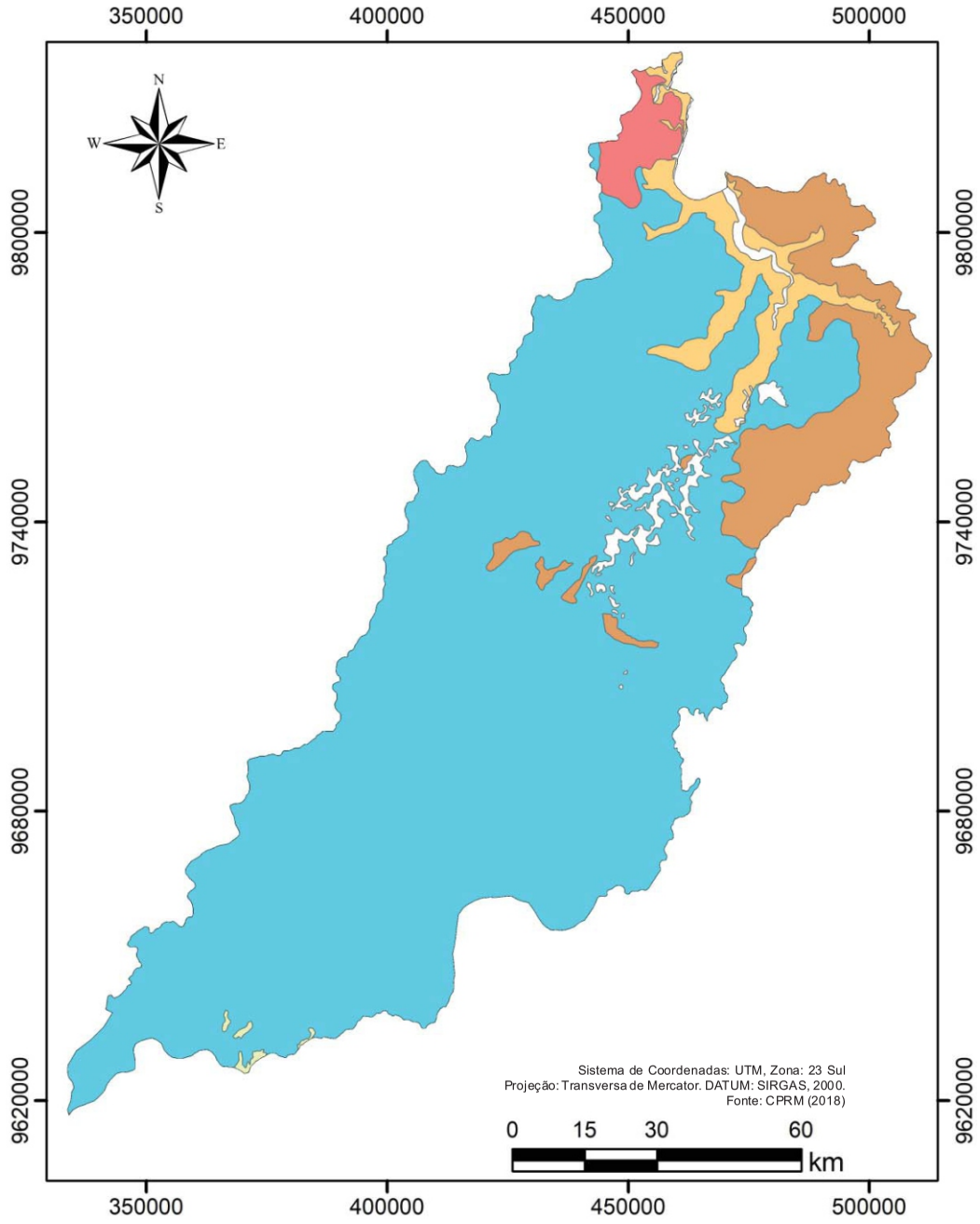
Tabela 3.40 - Dados de nível estático e vazão por aquífero na Bacia Tocantins

Bacia Tocantins				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Aquífero Corda				
NE (m)	4,70	1,30	10,60	03
Q (m^3/h)	46,70	14,40	100,00	03
Aquífero Codó				
NE (m)	-	9,50	-	01
Q (m^3/h)	-	2,00	-	01
Aquífero Grajaú				
NE (m)	-	29,00	-	01
Q (m^3/h)	-	60,00	-	01
Aquífero Itapecuru				
NE (m)	77,60	7,48	129,44	14
Q (m^3/h)	11,27	2,48	60,00	13
Aquífero Mosquito				
NE (m)	-	42,00	-	01
Q (m^3/h)	-	4,70	-	01
Aquífero Motuca				
NE (m)	5,73	2,50	14,60	04
Q (m^3/h)	2,38	1,65	3,30	03
Aquífero Piauí				
NE (m)	-	20,00	-	01
Q (m^3/h)	-	4,10	-	01

LEGENDA: NE – Nível estático; Q – Vazão do poço. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

3.1.3.12. Bacia Turiaçu

As águas subterrâneas da Bacia Turiaçu são representadas pelo Domínio das Coberturas Indiferenciadas (Depósitos Litorâneos e Coberturas Indiferenciadas), Domínio Sedimentar Predominantemente Clástico (Bacia do Parnaíba e Barreiras) e Domínio Cristalino (Cristalino) (**Figura 3.47**). Quanto a classificação por sistemas hidrogeológicos, nela ocorrem os Sedimentos Litorâneos, Barreiras, Itapecuru e Cristalino (**Figura 3.48**), e suas áreas de ocorrência constam na **Tabela 3.41**, ressaltando-se a predominância significante do Itapecuru com 12.311,81 km² (87%).



Domínios Hidrogeológicos

- Depósitos litorâneos
- Coberturas Indiferenciadas
- Bacia do Parnaíba
- Barreiras
- Cristalino

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

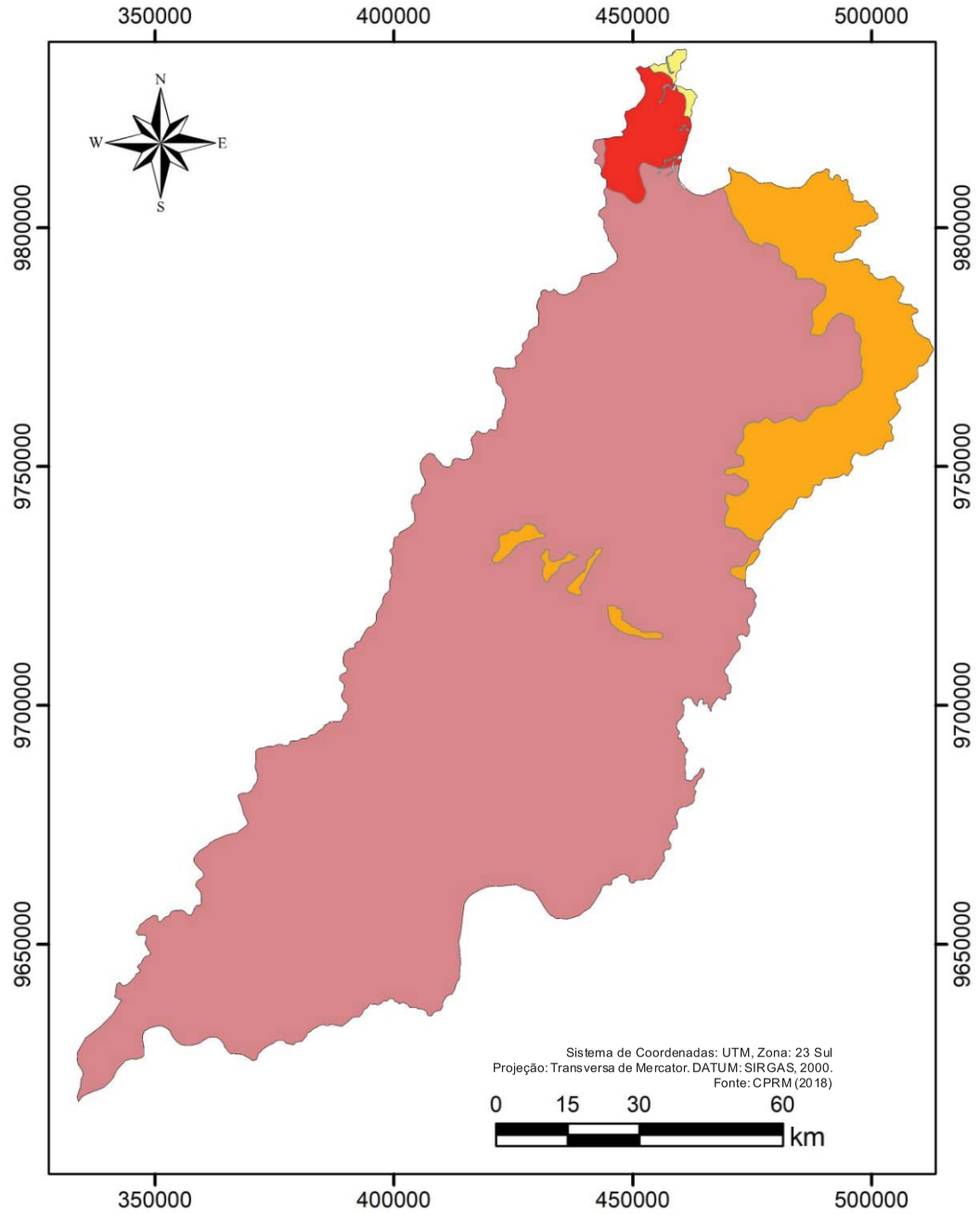
Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.47

Domínios Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Turiaçu



Sistemas Hidrogeológicos

- Sedimentos Litorâneos
- Barreiras
- Itapecuru
- Cristalino

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.48

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados da Bacia Turiaçu

Tabela 3.41 - Áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos aflorantes na Bacia Turiaçu

Aquífero	Área (km^2)
Sedimentos Litorâneos	35,67
Barreiras	1.506,91
Itapecuru	12.311,81
Cristalino	295,46
TOTAL	**14.149,87**

A **Tabela 3.42** contém dados dos poços nesta bacia, onde se observa a ocorrência da água subterrânea até 30m, de poço tubular com profundidade de até 445m, bem profundos, vazões que alcançam 27 m³/h e águas que chegam a possuir condutividade elétrica de 1.560 uS/cm a 25ºC (STD de 936 mg/L), elevada e próxima ao VMP mas ainda dentro do padrão (STD até 1.000 mg/L) admissível para águas potáveis para consumo humano. Os dados médios refletem águas rasas, com nível estático de 11,52m, profundidade de poço de 77,32m, vazão de 9,75 m³/h e condutividade elétrica de 290,30 (STD de 174 mg/L), valor este bem inferior ao máximo e totalmente dentro do padrão aceito para águas potáveis.

Ressalta-se que dos 330 poços cadastrados nesta bacia, 243 (73,63%) deles encontravam-se em uso à época do cadastramento.

Tabela 3.42 - Dados de profundidade de poço, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água subterrânea na Bacia Turiaçu

Bacia Turiaçu/Dados Gerais				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Dados gerais				
Prof. (m)	77,32	10,00	445,00	271
NE (m)	11,52	0,07	30,00	53
Q (m^3/h)	9,75	4,00	27,00	8
CE (uS/cm)	290,30	32,02	1.560,00	236

LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço;
CE – Condutividade elétrica da água subterrânea. Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

No SIAGAS se tem o cadastro de 02 poços captando unicamente o Itapecuru (**Tabela 3.43**), observando-se um nível estático médio de 3,50m, raso e sub-aflorante, e vazão média de 1,87 m³/h.

Tabela 3.43 - Dados de nível estático e vazão por sistema hidrogeológico na Bacia Turiaçu

Bacia Turiaçu				
Parâmetro	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Nº. de dados**
Aquífero Itapecuru				
NE (m)	3,50	0,50	6,50	2
Q (m^3/h)	1,87	0,80	2,93	2

LEGENDA: NE – Nível estático; Q – Vazão do poço
Fonte dos dados: SIAGAS (2018).

3.1.4. Produtividade dos Sistemas Hidrogeológicos

A produtividade dos sistemas hidrogeológicos maranhenses foi abordada pelo IBGE (1997) que individualizou no Maranhão três (3) principais zonas para captação de águas subterrânea com base nas espessuras dos pacotes sedimentares, descritas a seguir, juntamente com os principais aquíferos.

Zona 1 – Nela deve ocorrer a captação das águas subterrâneas em profundidades superiores a 1000m, com a explotação sendo recomendada para empreendimentos que atendam uma quantidade maior da população, bem como para o setor industrial e de irrigação, por ter previsão de vazões acima de 100 m³/h. São explotados os Aquíferos Sambaíba e Poti-Piauí, de características litológicas predominantemente arenosas e com amplas áreas de realimentação nas suas zonas de afloramento.

O Aquífero Potí/Piauí ocorre de forma expressiva no sul do estado, com uma espessura média de 200 a 280m, sendo recoberto em várias regiões pela Formação Pedra de Fogo, formando extensos chapadões de topo plano, com bordas intensamente dissecadas. Os Aquíferos Poti e Piauí são considerados como uma unidade aquífera unificada, não havendo separação hidráulica entre elas.

Na porção sudoeste do Maranhão aflora o Aquífero Sambaíba, promissor para explotação de água subterrânea, com espessura média de 300m e litologia sedimentar composta por arenitos finos a médios, bem selecionados e com boa porosidade.

Zona 2 - Corresponde aos aquíferos livres e subconfinados Corda, Grajaú e Itapecuru, favoráveis para atender a demanda de pequenos empreendimentos, abastecimento público, pequena irrigação, pequena e média indústria e serviços em geral, com poços de até 250m de profundidade e vazões variando entre 5 e 20 m³/h.

O Aquífero Corda é constituído por arenitos finos a médios, amarronzados e arroxeados, quartzosos, com níveis argilosos e eventuais intercalações de siltitos e folhelhos. É uma opção para a explotação de água subterrânea para a porção Centro-leste do Maranhão, considerando-se que o Itapecuru e Codó, sobrepostos, muitas vezes não produzem vazões satisfatórias. A profundidade média dos poços para captação deste aquífero é de 150m, chegando a 480m, e vazões oscilando entre 10 e 20 m³/h.

O Aquífero Grajaú é composto por arenitos rosados, cremes e esbranquiçados, finos a médios e intercalados com siltitos, argilitos e níveis clásticos grosseiros, ocorrendo nas regiões centro-sul e centro-oriental do estado, apresentando potencial hidrogeológico fraco a médio.

O Aquífero Itapecuru é formado por arenitos finos a muito finos, predominantemente argilosos, esbranquiçados, avermelhados e cremes, com níveis sílto-argilosos, e grosseiros na base. Trata-se do aquífero mais explotado do Maranhão, em especial em São Luís, onde é captado por poços com profundidades que variam entre 30 e 100m, apresentando vazões de 5 a 12 m³/h, chegando, excepcionalmente, a atingir mais de 40 m³/h. Em função de sua constituição predominantemente pelítica, o Itapecuru pode ser classificado com um potencial hidrogeológico oscilando de fraco a médio, e sua explotação é substituída, em alguns casos, por aquíferos como o Corda e o Sambaíba, a fim de obter-se vazões mais altas.

Zona 3 – Esta zona corresponde àquela onde se procede a captação dos aquíferos Barreiras e Sedimentos Quaternários, recomendável como suporte a empreendimentos de baixo e médio porte. O Aquífero Barreiras é composto por clásticos finos a grosseiros (Arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados) heterogêneos e mal consolidados. Tem caráter de aquífero livre, descontínuo e heterogêneo, e seus horizontes produtores são determinados pelos pacotes areníticos e conglomeráticos. Os poços do Barreiras possuem profundidades que predominam de 60 a 80m e vazões que alcançam 100 m³/h.

As aluviões possuem excelente porosidade e permeabilidade, com potencial exploratório voltado para poços rasos e que visem demandas de pequenos núcleos populacionais e de fazendas, ocupando as calhas de drenagem dos grandes rios como o Mearim, Itapecuru, Grajaú e o Pindaré.

O Pedra de Fogo é composto e consiste de siltitos e folhelhos arroxeados, micáceos, arenitos muito finos e lentes de silexitos, ocorrendo no extremo sul do estado, desde Carolina até a região sul do Alto Parnaíba, aparecendo com destaque na Serra do Penitente, possuindo fraco potencial hidrogeológico. O Pastos Bons aflora nos vales dos rios Itapecuru e Balseiros, sendo

composto por arenitos finos, argilosos e siltosos, com intercalações de folhelhos, apresentando baixa produtividade aquífera.

Segundo Costa (2000), dentro do Projeto Áridas, dados mostram que 76,6% das cidades maranhenses eram abastecidas, ao menos parcialmente, com águas subterrâneas através de uma oferta hídrica de 85 milhões de m^3/ano.

Struckmeir e Margat (1995) propuseram uma classificação quanto a produtividade aquífera onde as unidades granulares e fraturadas foram classificadas se levando em consideração a capacidade específica, transmissividade, condutividade hidráulica e a vazão explotada (**Tabela 3.44**). Esta classificação foi adotada pela CPRM a partir de Dezembro/2011, adaptando-a para a realidade brasileira e utilizando-a nos mapas hidrogeológicos elaborados sob sua responsabilidade.

Mais recentemente, um trabalho realizado por Monteiro, Correia Filho e Diniz (2012) levando em consideração o levantamento bibliográfico, observações de campo, poços do SIAGAS, projetos da CPRM e literatura técnica, enquadrou as unidades hidrogeológicas maranhenses em classes segundo sua produtividade para a captação subterrânea, utilizando a classificação proposta por Struckmeir e Margat (1995). A classificação deste comportamento hidrogeológico no Maranhão resultou nos seguintes tipos: Muito Alta a Alta (Urucuia e Sambaíba); Alta a Moderada (Poti/Piauí); Moderada a Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada (Barreiras, Itapecuru e Corda); Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada a Geralmente Muito Baixa, Localmente Baixa (Grajaú); Geralmente Muito Baixa, Localmente Baixa (Codó, Patos Bons, Motuca e Pedra de Fogo), e; Não Aquífera (Sardinha e Mosquito) (**Tabela 3.45**). Tal classificação é apresentada na **Figura 3.49** permitindo a visualização espacial do comportamento da produtividade aquífera no solo maranhense.

Tabela 3.44 - Definição das Classes de Produtividade dos Aquíferos (Struckmeir e Margat, 1995).

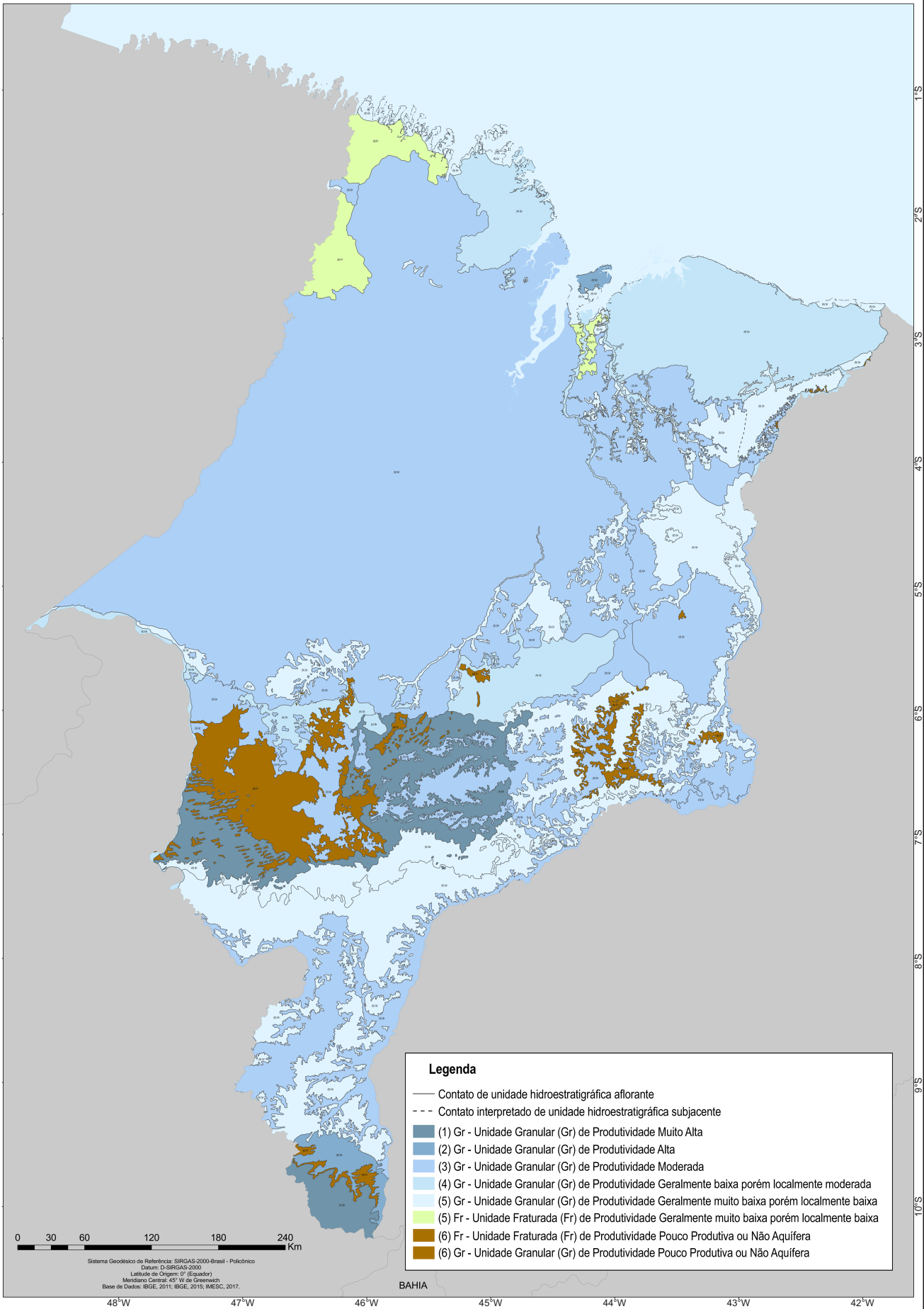
Q/s [(m³/h)/m]*	T (m²/s)	K (m/s)	Vazão (m³/h)	Produtividade**	Classe
$\geq 4,0$	$\geq 10^{-2}$	$> 10\text{-}^{4}$	≥ 100	*Muito Alta*: Fornecimentos de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações). Aquíferos que se destaquem em âmbito nacional.	(1)
$2,0 \leq Q/s < 4,0$	$10^{-3} \leq T < 10^{-2}$	$10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	$50 \leq Q < 100$	*Alta*: Características semelhantes à classe anterior, contudo situando-se dentro da média nacional de bons aquíferos.	(2)
$1,0 \leq Q/s < 2,0$	$10^{-4} \leq T < 10^{-3}$	$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	$25 \leq Q < 50$	*Moderada*: Fornecimentos de água para abastecimentos locais em pequenas comunidades, irrigação em áreas restritas.	(3)
$0,4 \leq Q/s < 1,0$	$10^{-5} \leq T < 10^{-4}$	$10^{-7} \leq K < 10^{-6}$	$10 \leq Q < 25$	*Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada*: Fornecimentos de água necessários para suprir abastecimentos locais ou consumo privado.	(4)
$0,04 \leq Q/s < 0,4$	$10^{-6} \leq T < 10^{-5}$	$10^{-8} \leq K < 10^{-7}$	$1 \leq Q < 10$	*Geralmente Muito Baixa, porém Localmente Baixa*: Fornecimentos contínuos, dificilmente são garantidos.	(5)
$<0,04$	$<10^{-6}$	$<10^{-8}$	$<1,0$	*Pouco Produtiva ou Não Aquífera*: Fornecimentos insignificantes de água. Abastecimentos restritos ao uso de bombas manuais, destinados à sobrevivência humana e dessedentação animal.	(6)

*Tempo de 12 horas e rebaixamento de 25m para aquíferos granulares. **Na definição da produtividade para aquíferos fraturados e cársticos só deve ser considerada a vazão.
Fonte: MONTEIRO, CORREIA FILHO & DINIZ (2012)

Tabela 3.45 - Produtividade das unidades hidrogeológicas no Estado do Maranhão.

Unidade Hidrogeológica	Espessura Média (m)	Tipologia	Produtividade	Classe
Barreiras	60	Livre	Moderada a Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada	(3) e (4)
Itapecuru	130	Livre	Moderada a Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada	(3) e (4)
Codó	70	Livre	Geralmente Muito Baixa, porém Localmente Baixa	(5)
Grajaú	40	Livre	Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada a Geralmente Muito Baixa, porém Localmente Baixa	(4) e (5)
Urucuia	500	Livre/Semiconfinado	Alta/Muito Alta	(2) e (1)
Sardinha	-	-	Improdutiva	(6)
Corda	160	Livre/Semiconfinado	Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada/Moderada	(4) e (3)
Pastos Bons	60	Livre	Geralmente Muito Baixa, porém Localmente Baixa	(5)
Mosquito	-	-	Improdutiva	(6)
Sambaíba	230/300	Livre/Confinado	Alta e Muito Alta	(2) e (1)
Motuca	130	Livre/Semiconfinado	Geralmente Muito Baixa, porém Localmente Baixa	(5)
Pedra de Fogo	130	Livre	Geralmente Muito Baixa, porém Localmente Baixa	(5)
Poti-Piauí	250-150	Livre/Confinado	Moderada/Alta	(3) e (2)

Fonte: MONTEIRO, CORREIA FILHO & DINIZ (2012)



Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 3.49

Mapa de Hidrogeologia do Maranhão

Fonte: SIAGAS/CPRM: 1995.

3.2. Reservas, Recursos e Disponibilidades das Águas Subterrâneas

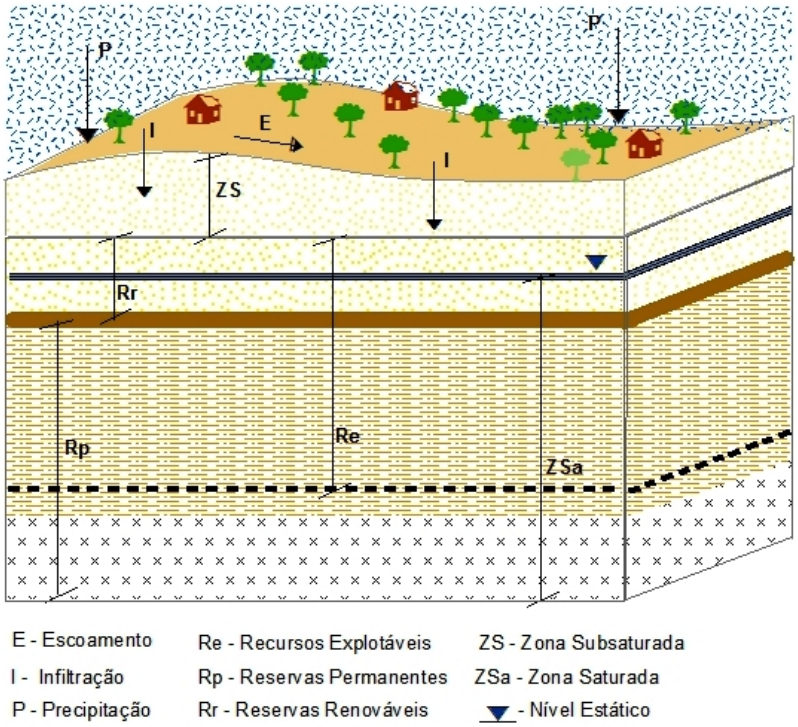
A caracterização de uma bacia hidrogeológica e, consequentemente, a geometria dos seus sistemas hidrogeológicos, depende intrinsicamente de estudos de sub-superfície que nem sempre são encontrados na literatura técnica, dificultando os cálculos das reservas hídricas subterrâneas. Fundamentalmente dependem de sondagens indiretas, a exemplo do que é realizado através de técnicas geofísicas, e de sondagens diretas executadas através de furos estratigráficos, sondagens geotécnicas e poços tubulares mas, indistintamente, todas dependem de recursos financeiros que, muitas vezes, são bastante elevados.

As reservas renováveis e permanentes de águas subterrâneas representam os volumes armazenados nos aquíferos, sendo os recursos explotáveis – também conhecidos como reservas exploráveis, representativos do potencial hídrico subterrâneo que os aquíferos podem fornecer através dos poços e fontes naturais. Seu conhecimento é necessário e importante para ser incorporado ao balanço hídrico dos planos e projetos envolvendo planejamento e gestão dos recursos hídricos.

A relação entre a bacia hidrográfica e a bacia hidrogeológica nem sempre pode ser conhecida através do mapeamento geológico de superfície, particularmente para os aquíferos mais profundos a exemplo do Cabeças e Serra Grande, e o comportamento hidrogeológico depende fundamentalmente das características geológicas, particularmente da caracterização sedimentológica (Sedimentos e litotipos), características estratigráficas e estruturais de suas rochas (CAVALCANTE, 2014).

Em concordância com a conceituação clássica, estão esboçadas na **Figura 3.50** a representação geométrica assumida para o cálculo das reservas (Reguladora ou renovável, permanente ou geológica e total) e recursos explotáveis das águas subterrâneas. É recomendável se entender os aspectos técnicos envolvidos na conceituação desses termos e, mais ainda, a projeção e correlação de cada um no tempo e espaço, a exemplo da reserva renovável que depende do ciclo hidrológico anual, e a permanente que é função direta das características hidrogeológicas.

No cálculo de reservas das águas subterrâneas alguns parâmetros irão influenciar, a exemplo do volume hídrico precipitado, tipo de aquífero, área, características dimensionais e hidrodinâmicas do meio e qualidade da água. O planejamento dos recursos hídricos deve considerar o uso integrado das reservas, recursos e disponibilidades de água, associados a qualidade hídrica, ocupação do meio físico, uso e proteção (CAVALCANTE, 1998).



Fonte: Cavalcante & Moura, 2014.

Figura 3.50 - Classificação das reservas e recursos explotáveis hídricos subterrâneos

As rochas sedimentares possuem porosidade e condutividades hidráulicas primárias decorrentes da própria diagênese facilitando o armazenamento e fluxo d´água, a exemplo daquelas que compõem os aquíferos da Bacia do Parnaíba. Entretanto, existem rochas que praticamente não possuem porosidade e condutividade hidráulica primárias, mas que sofreram ação de processos secundários, a exemplo de tectônica ruptural, e que passaram a ter comportamento anisotrópico e heterogêneo, a exemplo do Sistema Cristalino, onde o armazenamento e fluxo hídrico subterrâneo ocorrem no meio fraturado, com porosidade e permeabilidade secundárias, o que dificulta sobremaneira o cálculo de reservas hídricas.

Os volumes hídricos armazenados nos sistemas aquíferos representam as reservas e podem ser avaliadas segundo um ponto de vista natural ou utilitário. Sob o foco da análise integrada, em função de escala de tempo de renovação e uso das águas, a classificação de reservas permanentes entendida como não utilizável não encontra respaldo, pois se sabe que a água subterrânea não está desconectada do ciclo hidrológico, participando efetivamente à medida que existe recarga, extração através de poços tubulares e exutórios diversos (CAVALCANTE, 1998).

Na superfície maranhense de 331.936,95 km² a precipitação pluviométrica oscila de 1.347 mm/ano (Bacias do Parnaíba e Turiaçu) a 2.116 mm/ano (Bacia das Ilhas Maranhenses), observando-se a distribuição que consta na **Tabela 3.46** que resulta em um volume hídrico precipitado de 486,32 x 10^9 m³/ano. Porém, deste valor, somente um percentual de 6,43% infiltra anualmente no solo, ou seja, 31.287,87 x 10^6 m³/ano (31,28 x 10^9 m³/ano). Convém ressaltar, ainda, que do volume hídrico infiltrado, somente uma pequena parte irá participar do volume de água a ser armazenado nos aquíferos dependendo fundamentalmente, da porosidade do meio e das atividades antrópicas que podem levar a modificação do meio físico, a exemplo da impermeabilização do solo. Por si só, tais números levam-nos obrigatoriamente a repensar atitudes de conservação das águas subterrâneas, fator de desenvolvimento socioeconômico e qualidade de vida no mundo e, particularmente, no Estado do Maranhão.

Tabela 3.46 - Volume pluviométrico precipitado e infiltrado para sub-superfície no Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Área (km²)	Pm (mm/ano)*	Volume hídrico precipitado (m³/ano) x 10^9	Coeficiente de infiltração (%)*	Volume hídrico infiltrado (m³/ano) x 10^6
Gurupi	15.953,91	1.796,80	2,86	5,55	158,73
Ilhas Maranhenses	3.604,62	2.116,50	7,63	4,71	359,37
Itapecuru	53.216,84	1.478,20	78,66	6,75	5.309,55
Litoral Ocidental	10.226,22	2.100,50	21,48	4,62	992,37
Maracaçumé	7.756,79	2.082,7	16,15	4,60	742,90
Mearim	99.058,58	1.540,10	152,56	6,48	9.885,88
Munim	15.918,04	1.749,20	27,84	5,71	1.589,66
Parnaíba	66.449,09	1.347,10	89,51	7,34	6.570,03
Periá	5.395,37	2.018,30	10,88	4,94	537,47
Preguiças	6.707,91	1.693,20	11,35	5,90	669,65
Tocantins	30.665,15	1.576,50	48,34	6,33	3.059,92
Turiaçu	14.149,87	1.347,10	19,06	7,41	1.412,34
TOTAL	**331.983,29**	**-**	**486,32**	**-**	**31.287,87**

*Fonte dos dados: IBI, 2018

3.2.1. Reservas Renováveis (Rr)

São representadas pelo volume hídrico armazenado entre os níveis de flutuação máximo e mínimo dos aquíferos livres, participando efetivamente do ciclo hidrológico em uma escala de tempo anual, interanual ou sazonal estando, desta forma, em constante movimento. Existem várias maneiras de se realizar o cálculo destas reservas, sendo as mais comuns:

1^0) Cálculo da Vazão de Escoamento Natural (VEN), que sob condições de equilíbrio natural representa a recarga anual efetiva do aquífero, expressa pela Equação 01.

$$VEN = T\ i\ L \qquad \text{[Equação 01]}$$

Onde:

T = transmissividade hidráulica (L^2T^{-1});

i = gradiente hidráulico (Adimensional);

L= comprimento da frente de escoamento (L).

Seu uso é recomendável para áreas onde se tenha o mapeamento potenciométrico possibilitando a obtenção segura do gradiente hidráulico, e de testes de bombeamento para o cálculo de transmissividade. Em função da escala regional deste projeto, não se utilizará tal método para o cálculo de reservas.

2^0) Hidrograma de escoamento superficial, com cálculos a partir das curvas de recessão, no trecho correspondente à restituição do excesso infiltrado no meio poroso. A restituição das reservas hídricas somente se inicia quando toda a água superficial é escoada, ou seja, no período de estiagem (COSTA, 1997). Este método também não será utilizado neste plano.

3^0) Método volumétrico, tendo-se por base a flutuação (Δh) dos níveis d´água nos aquíferos livres, sendo expresso pela Equação 02.

$$Rr = A.\ \Delta h.\ \eta e \qquad \text{[Equação 02]}$$

Onde:

A = área de ocorrência do aquífero (L^2);

Δh = variação do nível d´água (L);

ηe = porosidade efetiva (adimensional) para os aquíferos livres ou **S** = coeficiente de armazenamento para os aquíferos confinados a semi-confinados.

Este será o método aplicado para o Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Estado do Maranhão.

3.2.2. Reservas Permanentes (Rp)

Estas reservas são representativas do volume hídrico subterrâneo que participa do ciclo hidrológico em uma escala de tempo plurianual, centenária ou milenar. Correspondem aos volumes estocados abaixo do limite inferior de flutuação sazonal do nível de saturação dos aquíferos livres ou dos níveis potenciométricos dos aquíferos confinados (REBOUÇAS, 1997; CAVALCANTE, 1998).

As reservas permanentes dos aquíferos livres serão calculadas pelo método volumétrico utilizando-se as Equações 03 e 04.

$$Rp = A.\ ho.\ \eta e \qquad \textit{[Equação 03]}$$

Onde:

A = área de ocorrência do sistema aquífero (L^2);

ho = espessura saturada (L);

ηe = porosidade efetiva (adimensional).

No caso do sistema aquífero confinado, as reservas permanentes são representadas pelo volume hídrico armazenado sob pressão, calculadas pelas Equação 04.

$$Rp = A.ho.S \qquad \text{[Equação 04]}$$

Onde:

A = área de ocorrência do sistema aquífero (L^2);

ho = espessura saturada (L);

S = coeficiente de armazenamento.

As reservas hídricas subterrâneas totais de um sistema aquífero que possui comportamento livre, em suas áreas de afloramento, e confinado ou semi-confinado em sub-superfície, sotoposto a formações geológicas impermeáveis ou semi-impermeáveis, é expressa pela Equação 05 que denota a somatória das reservas permanentes do sistema livre (1º termo) mais as reservas permanentes do confinado (2º termo). O segundo termo é, ainda, utilizado unicamente para o cálculo dos volumes armazenados em aquíferos confinados ou semi-confinados, a exemplo do Cabeças e Serra Grande no âmbito maranhense.

$$Rt = (A_l.\ ho_l.\ \eta e) + (A_c.ho_c.S) \qquad \text{[Equação 05]}$$

A ausência de um modelo geométrico definindo as espessuras reais e saturadas dos sistemas aquíferos do Maranhão, com múltiplas variações de perfis litológicos, função direta da profundidade dos poços cadastrado no SIAGAS e informações da literatura técnica, foram aspectos observados para o cálculo dessas reservas. A definição das espessuras saturadas para cada sistema aquífero representou uma tarefa difícil, derivada da ausência de dados e termos locais diversos adotados para os aquíferos captados, além da profundidade dos poços, a grande maioria sem perfis litológicos e quase nenhum com parâmetros de condutividade hidráulica, porosidade efetiva, coeficiente de armazenamento e transmissividade. Infelizmente, o SIAGAS ainda não é responsável pela qualidade das informações hidrogeológicas derivadas dos poços que nele estão cadastrados, haja vista que este banco de dados somente, e tão somente, recebe os relatórios dos poços construídos, independente da empresa ou setor. Assim sendo, o manuseio destes dados é de inteira responsabilidade do usuário, e depende fundamentalmente da capacidade técnica de cada um.

As espessuras saturadas e demais parâmetros hidrogeológicos considerados provêm da interpretação dos perfis de poços do SIAGAS no Maranhão, perfis de poços de outras áreas, a exemplo da Bacia do Parnaíba no Piauí, Cristalino dos Estado do Ceará e Pernambuco, e perfis de sondagens geofísicas no Maranhão, onde se buscou conhecer e estabelecer os parâmetros para os cálculos de reservas, potencialidades e disponibilidades das águas subterrâneas no território maranhense. Ressalta-se que, na grande maioria das vezes, não se tem dados de poços que possibilitem o conhecimento pleno de cada aquífero captado no Maranhão, a exemplo do que acontece no Sistemas Poti-Piauí, Serra Grande e Cabeças.

3.2.3. Recursos explotáveis (Re) ou Potencialidade aquífera (P)

É entendida como o volume hídrico subterrâneo que pode ser utilizado anualmente podendo incluir, eventualmente, uma parcela da reserva permanente, passível de ser explotado, com descargas constantes, durante um determinado espaço de tempo. Em termos de gestão, o mais recomendável para se conhecer quanto pode ser utilizado das reservas de um aquífero são os dados do monitoramento dos poços, em termos de variação do nível d`água, rebaixamento do nível, volume hídrico retirado etc, ou seja, o entendimento comportamental do sistema aquífero em função do bombeamento implementado.

Duarte (1996, 1997) define os *recursos explotáveis* como sendo "*Aqueles que estão disponíveis sem que haja comprometimento do aquífero nem do meio ambiente*" e os associa com as disponibilidades hídricas do sistema aquífero, resultando no dimensionamento da *potencialidade aquífera*. Em concordância com este autor, admite-se que, sem prejuízo para o

aquífero, se possa explotar toda a reserva renovável mais uma parcela da reserva permanente, que representem 30% dessas reservas no período de 50 anos, calculados pela Equação 06. Na realidade, o conceito da utilização das reservas renováveis mais 1/3 das reservas permanentes é adotado há quase seis décadas, quando representavam as "*reservas exploráveis*". Duarte (Op.cit.) otimizou este conceito com projeção das reservas para 50 anos, preocupado com o uso racional das reservas hídricas subterrâneas.

$$P = Rr + (0{,}006 \times Rp) \qquad \text{[Equação 06]}$$

onde:

P – potencialidade aquífera (L^3/ano);

Rr – reserva renovável (L^3/ano);

Rp – reserva permanente (L^3).

É interessante observar que a utilização dos recursos hídricos explotáveis está associada a responsabilidade de uso das águas subterrâneas disponíveis sem que haja comprometimento do aquífero nem do meio ambiente. Em princípio, para que não ocorra impactos negativos no aquífero, alguns autores recomendam a explotação do volume correspondente à recarga, ou seja, a reserva reguladora do aquífero sem provocar qualquer depleção nas reservas permanentes. Porém, dentro de uma visão sistêmica, o uso depende fundamentalmente do conhecimento técnico das reservas, com monitoramento em tempo real, integrado a evolução da demanda.

O dimensionamento das reservas e recursos explotáveis (Potencialidade aquífera) para o Maranhão foi concebido por sistema aquífero existente em cada bacia hidrográfica, até o momento não disponibilizado em trabalhos técnicos. A **Tabela 3.47** apresenta este número unicamente por bacia, unidade de planejamento dos recursos hídricos.

Tabela 3.47 - Reservas e recursos hídricos subterrâneos explotáveis por bacia hidrográfica no Maranhão

Bacia Hidrográfica	Reservas			Recursos explotáveis (m^3/ano) x 10^9
	Renováveis (m^3/ano) x 10^9	Permanentes (m^3) x 10^9	Totais (m^3) x 10^9	
Gurupi	0,66	60,48	61,14	1,02
Ilhas Maranhenses	0,25	10,41	10,66	0,31
Itapecuru	1,67	268,24	269,91	2,24
Litoral Ocidental	0,42	32,33	32,75	0,61
Maracaçumé	0,28	21,46	21,74	0,41
Mearim	4,60	444,21	448,81	7,26
Munim	1,28	58,21	59,49	1,64
Parnaíba	1,30	77,88	79,18	1,76
Periá	1,20	9,74	10,94	1,25
Preguiças	1,49	12,93	14,42	1,56
Tocantins	0,51	79,14	79,65	0,98
Turiaçu	0,65	57,45	58,10	1,00
TOTAL	**14,31**	**1.132,48 ($1,13 \times 10^{12}$)**	**1.146,79 ($1,14 \times 10^{12}$)**	**20,04**

Os dados numéricos, embora conservadores em função da ausência de parâmetros hidrogeológicos dos sistemas aquíferos que ocorrem no Maranhão, são apresentados na **Tabela 3.47** e mostram reservas de águas subterrâneas de $1,14 \times 10^{12}$ m³ distribuídas entre renováveis e permanentes, e recursos explotáveis de $20,04 \times 10^9$ m³/ano.

As reservas hídricas subterrâneas de cada aquífero dependem de parâmetros hidrogeológicos que não são encontrados com facilidade na literatura hidrogeológica maranhense, e os dados de poços nem sempre são completos, dificultando cálculos pertinentes ao assunto. Porém, foram realizados cálculos estimativos para cada aquífero mapeado em superfície e para aqueles confinados e/ou semi-confinados com dados obtidos de poços, perfis geológicos e geofísicos.

Convém ressaltar que os litotipos da Província Hidrogeológica do Parnaíba ocupam predominantemente o Maranhão, associados com as coberturas e litotipos tércio-quaternários. Para estes, as fórmulas clássicas de cálculo de reservas e recursos explotáveis foram aplicadas. Para o Sistema Cristalino, representante do meio heterogêneo e anisotrópico, onde a água subterrânea ocorre somente em zonas fraturadas, abertas e dependentes de uma fonte de recarga, se utilizou o conhecimento de outros estados brasileiros, a exemplo do Ceará, se adotando para as reservas renováveis um volume definido como: $Rr = Pm.\ Ti.\ Ac$ onde Rr – reservas renováveis, Pm – precipitação média na bacia, Ti – taxa de infiltração de 0,15% e Ac – área cristalina aflorante e, para os recursos explotáveis se considerou uma explotação de

70% destas reservas, de tal modo que possa propiciar a renovabilidade destas águas e, consequentemente, a diluição dos sais e melhoria qualitativa das águas. Para este meio não foram calculadas as reservas permanentes haja vista sua condição armazenadora de água e da extrema anisotropia e heterogeneidade.

As **Tabelas 3.48 a 3.59** mostram os dados de reservas renováveis, permanentes e totais, além dos recursos explotáveis (Potencialidade aquífera), calculadas, para cada aquífero identificado em cada uma das bacias hidrográficas maranhenses. A **Tabela 3.60** aponta um resumo das anteriores.

3.2.4. Disponibilidade Hídrica Subterrânea

Usualmente se trabalha com as disponibilidades instaladas, ou efetiva, e instalável, reflexo direto da existência e estado atual dos poços tubulares. Este termo refere-se ao volume que pode ser explotado sem risco de exaustão do sistema aquífero (DUARTE, 1997 e CAVALCANTE, 1998). A demanda de água subterrânea foi definida de acordo com os dados de poços cadastrados no SIAGAS e poços outorgados na SEMA, de acordo com as Disponibilidades Efetivas (De) - também denominada Disponibilidade Instalada - e Disponibilidade Instalável (Di), resultando na Disponibilidade Total (De + Di) de cada sistema hidrogeológico.

Disponibilidade instalada – Volume anual passível de explotação através dos poços em uso, com base na vazão máxima de explotação e em regime de bombeamento diário, em todos os dias do ano. Em função do uso dos poços e sistema de bombeamento, foi admitida uma taxa média de bombeamento de 8h/dia ao longo do ano. A vazão média considerada para os poços foi calculada em função dos dados existentes para cada sistema aquífero por bacia no SIAGAS. A Equação 07 será utilizada para o cálculo estimativo da disponibilidade instaladas dos poços no Maranhão.

$$De = Qm.P.t \qquad \text{[Equação 07]}$$

Sendo:

De = disponibilidade efetiva ou instalada (L^3/T);
Q_m = vazão média dos poços (L^3/T) na bacia hidrográfica;
P = nº de poços por bacia hidrográfica;
t = tepo estimado de bombeamento do poço/dia (365 dias/ano).

Tabela 3.48 – Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Gurupi – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas Subterrâneas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano)	Reservas permanentes (m^3)	Reservas permanentes (m^3)		
Gurupi	Livres					
	Sedimentos Litorâneos	$3,05 \times 10^6$	$91,70 \times 10^6$	-	$94,75 \times 10^6$	$3,60 \times 10^6$
	Barreiras	$7,63 \times 10^6$	$778,55 \times 10^6$	-	$786,18 \times 10^6$	$12,30 \times 10^6$
	Itapecuru	$647,76 \times 10^6$	$53.116,58 \times 10^6$	-	$53.764,34 \times 10^6$	$966,45 \times 10^6$
	Cristalino	$7,08 \times 10^6$	-	-	-	$4,95 \times 10^6$
	Predominantemente Confinados					
	Serra Grande	-	-	$3,61 \times 10^9$	$3,61 \times 10^9$	$21,66 \times 10^6$
	Cabeças	-	-	$1,91 \times 10^9$	$1,91 \times 10^9$	$11,46 \times 10^6$
	Motuca	-	-	$0,67 \times 10^6$	$0,67 \times 10^6$	$4,02 \times 10^3$
	Sambaíba	-	-	$4,70 \times 10^6$	$4,70 \times 10^6$	$28,20 \times 10^3$
	Pedra de Fogo	-	-	$318,84 \times 10^6$	$318,84 \times 10^6$	$1,91 \times 10^6$
	Poti-Piauí	-	-	$657,56 \times 10^6$	$657,56 \times 10^6$	$3,94 \times 10^6$
	TOTAL	$665,52 \times 10^6$ ($0,66 \times 10^9$)	$53.986,83 \times 10^6$ ($53,98 \times 10^9$)	$6,50 \times 10^9$	$61,14 \times 10^9$	$1.026,27 \times 10^6$

Tabela 3.49 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia das Ilhas Maranhenses – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano)	Reservas permanentes (m^3)	Reservas permanentes (m^3)		
Ilhas Maranhenses	Livres					
	Aluvionar	$0,66 \times 10^6$	$27,75 \times 10^6$	-	$28,41 \times 10^6$	$0,82 \times 10^6$
	Dunas	$79,07 \times 10^6$	$527,18 \times 10^6$	-	$606,25 \times 10^6$	$82,23 \times 10^6$
	Depósitos Litorâneos	$123,13 \times 10^6$	$4,92 \times 10^9$	-	$5,04 \times 10^9$	$152,65 \times 10^6$
	Barreiras	$29,48 \times 10^6$	$3,0 \times 10^9$	-	$3,02 \times 10^9$	$47,48 \times 10^6$
	Itapecuru	$20,14 \times 10^6$	$1,65 \times 10^9$	-	$1,67 \times 10^9$	$30,04 \times 10^6$
	Cristalino	$0,05 \times 10^6$	-	-	-	$0,035 \times 10^6$
	Predominantemente Confinado					
	Serra Grande	-	-	$299,08 \times 10^6$	$299,08 \times 10^6$	$1,79 \times 10^6$
	TOTAL	$252,53 \times 10^6$ ($0,25 \times 10^9$)	$10,12 \times 10^9$	$299,08 \times 10^6$ (0,29 x 109)	$10,67 \times 10^9$	$315,04 \times 10^6$

Tabela 3.50 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Itapecuru – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano)	Reservas permanentes (m^3)	Reservas permanentes (m^3)		
Itapecuru	Livres/Confinados					
	Aluvionar	$55,77 \times 10^6$	$2,34 \times 10^9$	-	$2,39 \times 10^9$	69.81×10^6
	Barreiras	$6,32 \times 10^6$	$645,40 \times 10^6$	-	$0,65 \times 10^9$	$10,19 \times 10^6$
	Codó-Corda-Grajaú	$1,04 \times 10^9$	$202,55 \times 10^9$	-	$203,59 \times 10^9$	$1.216,34 \times 10^6$
	Itapecuru	$571,53 \times 10^6$	$46,86 \times 10^9$	-	$47,43 \times 10^9$	$852,69 \times 10^6$
	Mosquito	Basaltos	-	-	-	-
	Motuca	$0,02 \times 10^6$	$2,30 \times 10^6$	$23,84 \times 10^6$	$26,16 \times 10^6$	$0,17 \times 10^6$
	Pastos Bons	$0,32 \times 10^6$	$24,15 \times 10^6$	-	$24,47 \times 10^6$	$0,46 \times 10^6$
	Pedra de Fogo	$0,28 \times 10^6$	$23,14 \times 10^6$	$1,33 \times 10^9$	$1,35 \times 10^9$	$8,39 \times 10^6$
	Sambaíba	$0,25 \times 10^6$	$34,76 \times 10^6$	$156,78 \times 10^6$	$191,79 \times 10^6$	$1,39 \times 10^6$
	Sardinha	Basaltos	-	-	-	-
	Cristalino	$1,20 \times 10^6$	-	-	-	$0,84 \times 10^6$
	Predominantemente Confinados					
	Poti-Piauí	-	-	$2,95 \times 10^9$	$2,95 \times 10^9$	$17,70 \times 10^6$
	Serra Grande	-	-	$1,34 \times 10^9$	$1,34 \times 10^9$	$8,04 \times 10^6$
	Cabeças	-	-	$9,97 \times 10^9$	$9,97 \times 10^9$	$59,82 \times 10^6$
	TOTAL	$1,67 \times 10^9$	$252,48 \times 10^9$	$15,77 \times 10^9$	$269,91 \times 10^9$	$2.245,84 \times 10^6$

Tabela 3.51 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Litoral Ocidental – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano)	Reservas permanentes (m^3)	Reservas permanentes (m^3)		
Litoral Ocidental	Livres					
	Sed Litorâneos	$23{,}00 \times 10^6$	$690{,}02 \times 10^6$	-	$0{,}71 \times 10^9$	$27{,}14 \times 10^6$
	Barreiras	$106{,}31 \times 10^6$	$10{,}63 \times 10^9$	-	$10{,}73 \times 10^9$	$170{,}09 \times 10^6$
	Itapecuru	$291{,}00 \times 10^6$	$19{,}20 \times 10^9$	-	$19{,}49 \times 10^9$	$406{,}20 \times 10^6$
	Predominantemente Confinado					
	Serra Grande	-	-	$1{,}81 \times 10^9$	$1{,}81 \times 10^9$	$10{,}86 \times 10^6$
	TOTAL	$420{,}31 \times 10^6$ ($0{,}42 \times 10^9$)	$30{,}52 \times 10^9$	$1{,}81 \times 10^9$	$32{,}74 \times 10^9$	$614{,}29 \times 10^6$

Tabela 3.52 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Maracaçumé – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano) x 106	Reservas permanentes (m^3) X 106	Reservas permanentes (m^3)		
Maracaçumé	Livres					
	Sedimentos Litorâneos	$39{,}50 \times 10^6$	$1{,}18 \times 10^9$	-	$1{,}21 \times 10^9$	$46{,}58 \times 10^6$
	Itapecuru	$239{,}16 \times 10^6$	$19{,}61 \times 10^9$	-	$19{,}84 \times 10^9$	$356{,}82 \times 10^6$
	Cristalino	$8{,}46 \times 10^6$	-	-	-	$5{,}92 \times 10^6$
	Predominantemente Confinado					
	Serra Grande	-	-	$674{,}03 \times 10^6$	$674{,}03 \times 10^6$	$4{,}04 \times 10^6$
	TOTAL	$287{,}12 \times 10^6$	$20{,}79 \times 10^9$	$674{,}03 \times 10^6$	$21{,}72 \times 10^9$	$413{,}34 \times 10^6$

Tabela 3.53 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Mearim – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano)	Reservas permanentes (m^3)	Reservas permanentes (m^3)		
Mearim	Livres/Confinados					
	Barreiras	$1,86 \times 10^6$	$190,59 \times 10^6$	-	$192,45 \times 10^6$	$3,00 \times 10^6$
	Itapecuru	$4,14 \times 10^9$	$339,57 \times 10^9$	-	$343,71 \times 10^9$	$6,17 \times 10^9$
	Codó-Corda-Grajaú	$464,41 \times 10^6$	$90,09 \times 10^9$	-	$90,55 \times 10^9$	$1.004,95 \times 10^6$
	Mosquito	Basaltos	-	-	-	-
	Pastos Bons	508,80	$0,0376 \times 10^6$	-	$0,038 \times 10^6$	734,40
	Sambaíba	$0,17 \times 10^6$	$24,74 \times 10^6$	$447,98 \times 10^6$	$472,89 \times 10^6$	$3,00 \times 10^6$
	Sardinha	Basaltos				
	Cristalino	$0,034 \times 10^6$	-	-	-	$0,023 \times 10^6$
	Predominantemente Confinados					
	Motuca	-	-	$31,81 \times 10^6$	$31,81 \times 10^6$	$0,19 \times 10^6$
	Pedra de Fogo	-	-	$3,30 \times 10^9$	$3,30 \times 10^9$	$19,80 \times 10^6$
	Poti-Piauí	-	-	$6,28 \times 10^9$	$6,28 \times 10^9$	$37,68 \times 10^6$
	Serra Grande	-	-	$2,49 \times 10^9$	$2,49 \times 10^9$	$14,94 \times 10^6$
	Cabeças	-	-	$1,80 \times 10^9$	$1,80 \times 10^9$	$10,80 \times 10^6$
	TOTAL	$4,606 \times 10^9$	$429,88 \times 10^9$	$14,35 \times 10^9$	$448,83 \times 10^9$	$7.264,38 \times 10^6$

Tabela 3.54 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Munim – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano)	Reservas permanentes (m^3)	Reservas permanentes (m^3)		
Munim						
	Aluvionar	$48{,}71 \times 10^6$	$2{,}04 \times 10^9$	-	$2{,}08 \times 10^9$	$60{,}95 \times 10^6$
	Dunas	$786{,}17 \times 10^6$	$5{,}24 \times 10^9$	-	$6{,}02 \times 10^9$	$817{,}61 \times 10^6$
	Barreiras	$50{,}58 \times 10^6$	$5{,}15 \times 10^9$	-	$5{,}20 \times 10^9$	$81{,}48 \times 10^6$
	Itapecuru	$371{,}98 \times 10^6$	$30{,}50 \times 10^9$	-	$30{,}87 \times 10^9$	$554{,}98 \times 10^6$
	Codó	$41{,}02 \times 10^6$	$7{,}95 \times 10^9$	-	$7{,}99 \times 10^9$	$88{,}72 \times 10^6$
	Motuca	5.030,72	$0{,}54 \times 10^6$	$0{,}22 \times 10^6$	$0{,}76 \times 10^6$	9.590,72
	Pedra de Fogo	$0{,}0317 \times 10^6$	$0{,}52 \times 10^6$	$26{,}75 \times 10^6$	$27{,}30 \times 10^6$	$0{,}19 \times 10^6$
	Cristalino	$0{,}086 \times 10^6$	-	-	-	$0{,}060 \times 10^6$
	Predominantemente Confinados					
	Poti-Piauí	-	-	$475{,}48 \times 10^6$	$475{,}48 \times 10^6$	$2{,}85 \times 10^6$
	Serra Grande	-	-	$4{,}00 \times 10^9$	$4{,}00 \times 10^9$	$24{,}00 \times 10^6$
	Cabeças	-	-	$2{,}83 \times 10^9$	$2{,}83 \times 10^9$	$16{,}98 \times 10^6$
	TOTAL	$1{,}30 \times 10^9$	$50{,}88 \times 10^9$	$7{,}33 \times 10^9$	$59{,}49 \times 10^9$	$1.647{,}83 \times 10^6$

Tabela 3.55 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Parnaíba – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano)	Reservas permanentes (m^3)	Reservas permanentes (m^3)		
Parnaíba	Livres					
	Aluvionar	$17,73 \times 10^6$	$744,93 \times 10^6$	-	$762,66 \times 10^6$	$22,19 \times 10^6$
	Dunas	$955,97 \times 10^6$	$6,39 \times 10^9$	-	$7,34 \times 10^9$	$994,31 \times 10^6$
	Sedimentos Litorâneos	$1,20 \times 10^6$	$36,04 \times 10^6$	-	$37,24 \times 10^6$	$1,41 \times 10^6$
	Barreiras	$62,38 \times 10^6$	$6,36 \times 10^9$	-	$6,42 \times 10^9$	$100,54 \times 10^6$
	Itapecuru	$4,34 \times 10^6$	$356,24 \times 10^6$	-	$360,58 \times 10^6$	$6,47 \times 10^6$
	Corda	$182,80 \times 10^6$	$35,46 \times 10^9$	-	$35,64 \times 10^9$	$395,56 \times 10^6$
	Longá	167,85	$0,020 \times 10^6$	-	$0,02 \times 10^6$	287,85
	Mosquito	Basalto	-	-	-	-
	Motuca	$0,040 \times 10^6$	$2,25 \times 10^6$	$6,16 \times 10^6$	$8,45 \times 10^6$	$0,09 \times 10^6$
	Pastos Bons	$0,033 \times 10^6$	$0,25 \times 10^6$	-	$0,28 \times 10^6$	35.400
	Pedra de Fogo	$4,48 \times 10^6$	$286,76 \times 10^6$	$1,59 \times 10^9$	$1,88 \times 10^9$	$15,74 \times 10^6$
	Poti-Piauí	$2,76 \times 10^6$	$387,26 \times 10^6$	$2,72 \times 10^9$	$3,11 \times 10^9$	$21,40 \times 10^6$
	Pimenteiras	638,5	$0,063 \times 10^6$	-	$0,064 \times 10^6$	1.016,50
	Sambaíba	$0,265 \times 10^6$	$29,20 \times 10^6$	$72,00 \times 10^6$	$0,101 \times 10^9$	$0,87 \times 10^6$
	Sardinha	Basalto	-	-	-	-
	Urucuia	$68,42 \times 10^6$	$20,52 \times 10^9$	-	$20,58 \times 10^9$	$191,54 \times 10^6$
	Essencialmente Confinados					
	Serra Grande	-	-	$1,67 \times 10^9$	$1,67 \times 10^9$	$10,02 \times 10^6$
	Cabeças	-	-	$1,26 \times 10^9$	$1,26 \times 10^9$	$7,56 \times 10^6$
	TOTAL	$1,30 \times 10^9$	$70,57 \times 10^9$	$7,31 \times 10^9$	$79,17 \times 10^9$	$1.767,74 \times 10^6$

Tabela 3.56 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Periá – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano)	Reservas permanentes (m^3)	Reservas permanentes (m^3)		
Periá	Livres					
	Aluvionar	$0,37 \times 10^6$	$15,0 \times 10^6$	-	$15,37 \times 10^6$	$0,46 \times 10^6$
	Dunas	$1,20 \times 10^9$	$8,02 \times 10^9$	-	$9,22 \times 10^9$	$1,24 \times 10^9$
	Sedimentos Litorâneos	$5,25 \times 10^6$	$157,5 \times 10^6$	-	$162,75 \times 10^6$	$6,19 \times 10^6$
	Predominantemente Confinados					
	Serra Grande	-	-	$1,35 \times 10^9$	$1,35 \times 10^9$	$8,10 \times 10^6$
	Cabeças	-	-	$205,94 \times 10^6$	$205,94 \times 10^6$	$1,23 \times 10^6$
	TOTAL	$1,20 \times 10^9$	$8,19 \times 10^9$	$1,56 \times 10^9$	$10,95 \times 10^9$	$1.255,98 \times 10^6$

Tabela 3.57 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Preguiças – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano)	Reservas permanentes (m^3)	Reservas permanentes (m^3)		
Preguiças	Livres					
	Dunas	$1,49 \times 10^9$	$9,96 \times 10^9$	-	$11,45 \times 10^9$	$1,54 \times 10^9$
	Sedimentos Litorâneos	$9,73 \times 10^6$	$136,31 \times 10^6$	-	$146,04 \times 10^6$	$10,54 \times 10^6$
	Predominantemente Confinados					
	Serra Grande	-	-	$1,69 \times 10^9$	$1,69 \times 10^9$	$10,14 \times 10^6$
	Cabeças	-	-	$1,15 \times 10^9$	$1,15 \times 10^9$	$6,9 \times 10^6$
	TOTAL	$1,50 \times 10^9$	$10,10 \times 10^9$	$2,84 \times 10^9$	$14,44 \times 10^9$	$1,57 \times 10^9$

Tabela 3.58 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Tocantins – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano)	Reservas permanentes (m^3)	Reservas permanentes (m^3)		
Tocantins	Livres					
	Aluvionar	$48,66 \times 10^6$	$1,94 \times 10^9$	-	$1,98 \times 10^9$	$60,30 \times 10^6$
	Itapecuru	$257,79 \times 10^6$	$21,13 \times 10^9$	-	$21,38 \times 10^9$	$384,57 \times 10^6$
	Codó-Corda-Grajaú	$202,80 \times 10^6$	$39,34 \times 10^9$	-	$39,54 \times 10^9$	$438,84 \times 10^6$
	Mosquito	Basalto	-	-	-	-
	Motuca	5.898,6	$0,318 \times 10^6$	$8,87 \times 10^6$	$9,19 \times 10^6$	$0,061 \times 10^6$
	Pedra de Fogo	$1,14 \times 10^6$	$36,63 \times 10^6$	$1,03 \times 10^9$	$1,067 \times 10^9$	$7,53 \times 10^6$
	Poti-Piauí	$0,23 \times 10^6$	$46,70 \times 10^6$	$2,53 \times 10^9$	$2,57 \times 10^9$	$15,69 \times 10^6$
	Sambaíba	$0,27 \times 10^6$	$21,93 \times 10^6$	$99,10 \times 10^6$	$121,30 \times 10^6$	$0,99 \times 10^6$
	Predominantemente Confinados					
	Serra Grande	-	-	$7,40 \times 10^9$	$7,40 \times 10^9$	$44,40 \times 10^6$
	Cabeças	-	-	$5,57 \times 10^9$	$5,57 \times 10^9$	$33,42 \times 10^6$
	TOTAL	$510,90 \times 10^6$	$62,51 \times 10^9$	$16,64 \times 10^9$	$79,64 \times 10^9$	$985,80 \times 10^6$

Tabela 3.59 - Reservas e potencialidades hídricas dos aquíferos da Bacia do Turiaçu – Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Sistema Hidrogeológico	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (m^3)	Potencialidades Hídricas (m^3/ano)
		Reservas Renováveis (m^3/ano)	Reservas permanentes (m^3)	Reservas permanentes (m^3)		
Turiaçu	**Livres**					
	Sedimentos Litorâneos	$3{,}56 \times 10^6$	$107{,}01 \times 10^6$	-	$110{,}57 \times 10^6$	$4{,}20 \times 10^6$
	Barreiras	$37{,}67 \times 10^6$	$3{,}76 \times 10^9$	-	$3{,}79 \times 10^9$	$60{,}23 \times 10^6$
	Itapecuru	$615{,}59 \times 10^6$	$50{,}47 \times 10^9$	-	$51{,}08 \times 10^9$	$918{,}41 \times 10^6$
	Cristalino	$0{,}59 \times 10^6$	-		-	$0{,}41 \times 10^6$
	Predominantemente Confinados					
	Poti-Piauí	-	-	$82{,}09 \times 10^6$	$82{,}09 \times 10^6$	$0{,}49 \times 10^6$
	Serra Grande	-	-	$2{,}81 \times 10^9$	$2{,}81 \times 10^9$	$16{,}86 \times 10^6$
	Cabeças	-	-	$227{,}96 \times 10^6$	$227{,}96 \times 10^6$	$1{,}36 \times 10^6$
	TOTAL	**$657{,}41 \times 10^6$**	**$54{,}34 \times 10^9$**	**$3{,}12 \times 10^9$**	**$58{,}10 \times 10^9$**	**$1.001{,}96 \times 10^6$**
TOTAL GERAL						**$20.106{,}08 \times 10^6$**

Tabela 3.60 – Resumo de Reservas e Potencialidade Hídricas do Aquífero do Maranhão.

Bacia Hidrográfica	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (10^6 m³)	Potencialidades Hídricas Subterrâneas (10^6 m³/ano)
	Reservas Renováveis (10^6 m³/ano)	Reservas permanentes (10^6 m³)	Reservas permanentes (10^6 m³)		
Gurupi	665,52	53.986,83	6.500,00	61.140,00	1.026,27
Ilhas Maranhenses	252,53	10.124,93	299,08	10.663,74	315,05
Itapecuru	1.675,69	252.479,75	15.770,62	269.912,42	2.245,84
Litoral Ocidental	420,31	30.520,02	1.810,00	32.740,00	614,29
Maracaçumé	287,12	20.790,00	674,03	21.724,03	413,36
Mearim	4.606,47	429.875,37	14.349,79	448.827,19	7.264,38
Munim	1.298,58	50.881,06	7.332,45	59.493,54	1.647,83
Parnaíba	1.300,42	70.573,01	7.318,16	79.170,29	1.767,74
Periá	1.205,62	8.192,50	1.555,94	10.954,06	1.255,98
Preguiças	1.499,73	10.096,31	2.840,00	14.436,04	1.567,58
Tocantins	510,90	62.510,00	16.637,97	79.637,49	985,80
Turiaçu	657,41	54.337,01	3.120,05	58.100,62	1.001,96
TOTAL	**14.380,30**	**1.054.366,79**	**78.208,09**	**1.146.799,42**	**20.106,08**

Disponibilidade Instalável – Volume hídrico que pode ser aproveitado anualmente dos poços paralisados, mas que possuem potencial de recuperação. Foram considerados os poços não instalados e paralisados, haja vista que diferentes motivos podem explicar tais situações, desde o problema de situação financeira até a manutenção de equipamentos de bombeamento. A taxa de bombeamento admitida será de 8h/dia ao longo do ano. A Equação 08 será utilizada para efeitos de estimativa do volume a ser obtido dos poços instaláveis.

$$Di = Q_m.P.t \qquad \text{[Equação 08]}$$

Onde:

Di = disponibilidade instalável (L^3/T);
Q_m = vazão média dos poços (L^3/T) na bacia hidrográfica;
P = nº de poços por bacia hidrográfica;
t = tempo estimado de bombeamento do poço/dia (365 dias/ano).

Para a projeção de oferta dos recursos hídricos subterrâneos utilizar-se-á a Disponibilidade Total, resultante da soma das vazões cedidas pelos poços em operação acrescida das vazões que poderão ser fornecidas posteriormente pelos poços que poderão entrar em operação, tendo em vista ser o conceito considerado como o mais adequado para fins de planejamento e gestão das águas subterrâneas.

Ressalta-se que os dados cadastrados das vazões de poços são poucos no SIAGAS como já exposto em capítulo anterior (Hidrogeologia). Assim sendo, optou-se por trabalhar a vazão média do poço por bacia hidrográfica que irá propiciar um conhecimento mais amplo, mas aplicável no caso do cálculo das disponibilidades hídricas subterrâneas por bacia, não por aquífero.

Para o Maranhão foi analisado um arquivo com 11.618 poços distribuídos ao longo de 331.936,95 km², gerando uma densidade de 3,5 poço/100 km². As **Tabelas 3.60 e 3.61** contém 11.351 dados de poços tubulares em operação que serão utilizados para o dimensionamento da disponibilidade instalada, poços não instalados e paralisados que serão considerados como obras potencialmente favoráveis ao uso e, portanto, como fontes para a disponibilidade instalável e os volumes obtidos de todos estes poços. Observa-se que a disponibilidade instalada é de 487,28 x 10^6 m³/ano e a disponibilidade instalável é de 84,40 x 10^6 m³/ano, resultando em uma disponibilidade total de 571,68 x 10^6 m³/ano, representando 2,84% dos recursos explotáveis (20,11 x 10^9 m³/ano) disponibilizados pelos sistemas aquíferos do Maranhão.

Tabela 3.61 - Disponibilidades de águas subterrâneas produzidas por poços tubulares nas bacias hidrográficas do Maranhão

Bacia hidrográfica	Disponibilidade instalada				Disponibilidade instalável			
	Nº de poços	Nº poços em operação	∑ Vazão (m³/h)	Nº poços não instalados	∑ Vazão (m³/h)	N° de poços paralisados	∑ Vazão (m³/h)	Vazão média de poço (m³/h) (Nº de dados)
Gurupi	440	370	9.176,00	23	570,40	27	669,6	24,80 (8)
Ilhas Maranhenses	496*	496	8.754,40	-	-	01	17,65	17,65 (245)
Itapecuru	2.134	1.695	36.103,50	96	2.044,80	237	5.048,10	21,30 (135)
Litoral Ocidental	731	549	6.269,58	41	468,22	99	1.130,58	11,42 (30)
Maracaçumé	458	377	2.759,64	31	226,92	44	322,08	7,32 (11)
Mearim	3.759	3053	54.679,23	179	3.205,89	373	6.680,43	17,95 (242)
Munim	652	478	5.487,44	42	482,16	91	1.044,68	11,48 (23)
Parnaíba	2.011	1.683	32.953,14	92	1.801,36	167	3.269,86	19,58 (68)
Periá	90	68	585,48	01	8,61	15	129,15	8,61 (1)
Preguiças	233	204	1.3340,28	14	91,98	12	78,84	6,57 (2)
Tocantins	513	405	6.419,25	17	269,45	44	697,40	15,85 (23)
Turiaçu	328	243	2.369,25	19	185,25	52	507,00	1,87 (2)
TOTAL	11.351	9.125	166.897,10	555	9.355,04	1.162	19.595,37	-

Fonte de dados: SIAGAS (2018). * 494 dados de poços outorgados da SEMA

Tabela 3.62 - Disponibilidades de águas subterrâneas produzidas por poços tubulares nas bacias maranhenses

Bacia hidrográfica	Disponibilidade instalada			Disponibilidade instalável		
	∑ Vazão em operação (m^3/h)	∑ Vazão em operação (m^3/ano) x 10^6	∑ Vazão dos poços não instalados (m^3/h)	∑ Vazão dos poços não instalados (m^3/ano) x 10^6	∑ Vazão dos poços paralisados (m^3/h)	∑ Vazão dos poços paralisados (m^3/ano) x 10^6
Gurupi	9.176,00	26,79	570,40	1,66	669,6	1,95
Ilhas Maranhenses	8.754,40	25,56	-	-	17,65	0,0051
Itapecuru	36.103,50	105,42	2.044,80	5,97	5.048,10	14,74
Litoral Ocidental	6.269,58	18,30	468,22	1,36	1.130,58	3,30
Maracaçumé	2.759,64	8,05	226,92	0,66	322,08	0,94
Mearim	54.679,23	159,66	3.205,89	9,36	6.680,43	19,50
Munim	5.487,44	16,02	482,16	1,40	1.044,68	3,05
Parnaíba	32.953,14	96,22	1.801,36	5,25	3.269,86	9,54
Periá	585,48	1,70	8,61	0,025	129,15	0,37
Preguiças	1.340,28	3,91	91,98	0,26	78,84	0,23
Tocantins	6.419,25	18,74	269,45	0,78	697,40	2,03
Turiaçu	2.369,25	6,91	185,25	0,54	507,00	1,48
TOTAL	**166.897,10**	**487,28**	**9.355,04**	**27,27**	**19.595,37**	**57,13**

4.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MARANHÃO

4. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MARANHÃO

No geral, ainda são poucos os trabalhos publicados relacionados a qualidade das águas subterrâneas no estado do Maranhão. Os dados sobre este tema disponíveis no SIAGAS são escassos e faltam informações acerca de vários parâmetros importantes na análise qualitativa, particularmente para a classificação iônica, para a irrigação e indústria. Dessa forma, é preciso trabalhar com o que existe disponível, bem como deve ser ressaltada a necessidade de se consultar a literatura técnica objetivando se conhecer os projetos produzidos que deem uma noção panorâmica sobre a qualidade dessas águas no território maranhense. Porém, não se tem trabalhos sobre a qualidade das águas subterrâneas em escala regional, dispondo-se somente daqueles realizados em caráter municipal, sendo predominante nos da Região Metropolitana de São Luís.

Sousa (2000), caracteriza as águas subterrâneas da Ilha de São Luís como levemente salinas, com teor de resíduo seco variando entre 6 mg/L e 1.297 mg/L. Entretanto, na extremidade noroeste, particularmente na área do Itaqui, diz existir uma tendência de salinização das águas no sentido do fluxo subterrâneo, ressaltando a ocorrência de um super bombeamento em poços localizados em uma faixa litorânea de 02 km, que podem romper o equilíbrio hidrostático água doce/água salgada, provocando a salinização.

Em uma análise qualitativa geral dos principais aquíferos na ilha, as águas do Aquífero Itapecuru apresentam caráter de águas Carbonatadas e Cloretadas com predominância do tipo Sódica. Na zona de ocorrência do Aquífero Barreiras, as águas tornam-se Cloretadas Magnesianas a Sódicas evoluindo para Cloretadas Sódicas a Cálcicas nas regiões próximas às pequenas calhas de drenagem em direção ao litoral. Este padrão de comportamento geoquímico das águas subterrâneas é alterado localmente pela ocorrência de elevadas concentrações de ferro no Barreiras, a exemplo do que ocorre no município de Raposa. O pH médio é de 6,95, com máximo de 8,91 e mínimo de 4,90, não mostrando tendência percentual de acidez ou alcalinidade dessas águas (SOUSA, Op.cit.).

Santos (2010) destaca as principais atividades antrópicas que representam riscos à qualidade das águas subterrâneas no Maranhão. A construção dos poços em si, é regulamentada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Todavia, verifica-se no estado uma frequência relativamente alta de construções de poços tubulares com locações inadequadas colocando em risco a qualidade das águas subterrâneas. Ressalta-se que Cavalcante (1998), coloca os poços tubulares mal costruídos como potenciais fontes de poluição para as águas subterrâneas, haja vista que podem funcionar como condutores hidráulicos de águas poluídas,

interconectando as águas mais rasas, e de má qualidade, com as águas mais profundas que, no geral, possuem boa qualidade físico-química e bacteriológica.

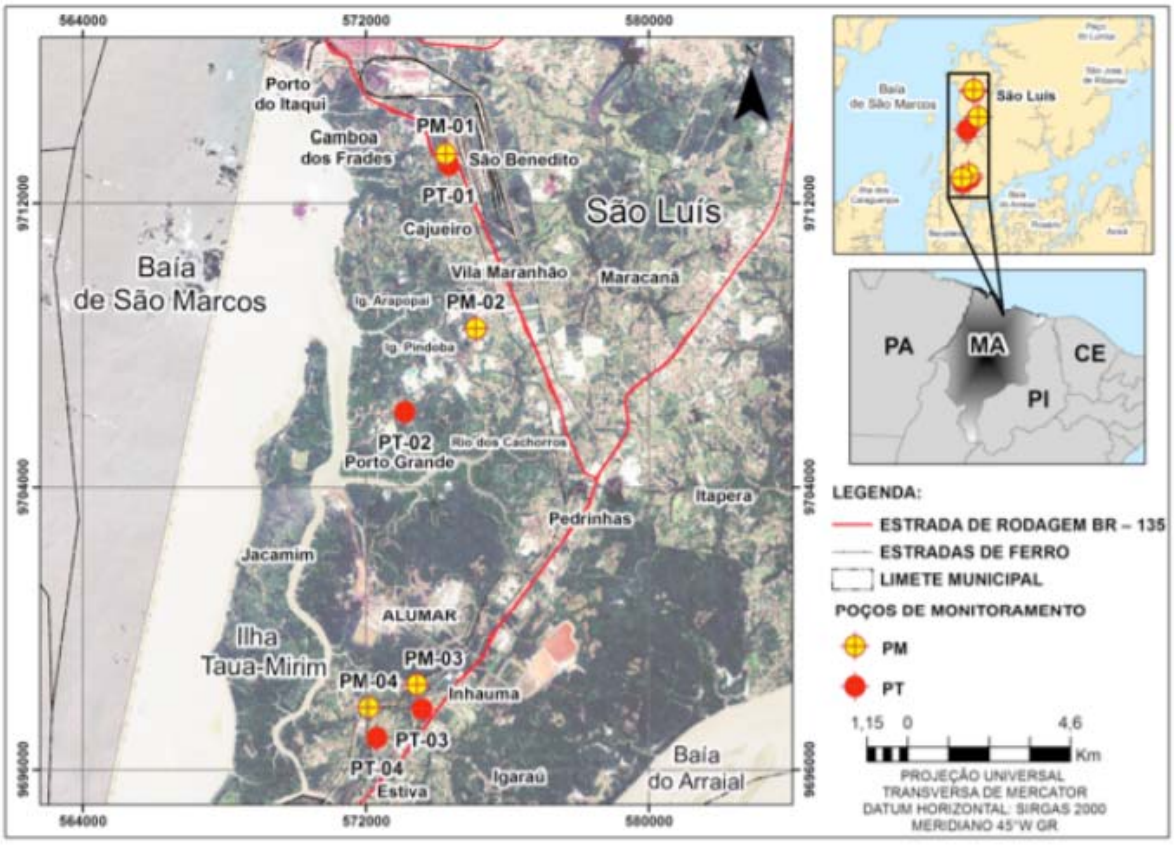
O desenvolvimento da agricultura no estado, principalmente na região sul onde se faz o cultivo da soja e da cana-de-açúcar, bem como a agropecuária, são motivos de preocupação pelo grande uso de fertilizantes e agrotóxicos na prática cotidiana realizada pelos agricultores e pecuaristas. Santos (Op. Cit.) destaca, ainda, o setor industrial como representante de sério risco ao meio ambiente em decorrência dos contaminantes produzidos pelas indústrias, com destaque para a Refinaria da PETROBRÁS e a indústria de papel celulose em Imperatriz, que requerem acompanhamento dos órgãos competentes no sentido de evitar possíveis danos aos recursos hídricos subterrâneos, bem como ao meio ambiente como um todo.

Os isótopos ambientais Oxigênio-18 e Deutério foram utilizados como ferramenta na identificação de interação água subterrânea/água superficial na Bacia Hidrográfica do Rio da Prata por Barros et al. (2015), sendo considerados como ótimos traçadores na água subterrânea por conservarem a composição em condições de temperatura normal e dificilmente são afetados pela interação água/rocha (GAT, 1996; McCARTHY et al., 1992 apud BARROS et al., Op. Cit.). Esta bacia está localizada na porção sudoeste da Ilha de São Luís, inserida na Bacia do Rio Bacanga, e nela foram realizadas coletas de água em poços tubulares e manuais (Cacimbas), assim como em águas superficiais, em períodos seco e chuvoso.

Os resultados indicaram valores de Oxigênio-18 e Deutério mais elevados nas águas superficiais de um lago do que nas águas subterrâneas indicando o efeito da evaporação nas primeiras, já que a evaporação nas mesmas promove o enriquecimento de isótopos pesados. Valores de Oxigênio-18 e condutividade elétrica em amostras das águas de um lago e de duas nascentes próximas, coletadas em Dezembro/2011, Março/2012 e Junho/2012, mostram dois efeitos distintos, sendo primeiro o da recarga no período chuvoso que empobrece as águas nos isótopos pesados e, o segundo, da evaporação que as enriquece. No período seco a interação lago/aquífero se apresenta inexpressiva e a condutividade elétrica esteve mais alta no final deste período.

A área do Distrito Industrial de São Luís exerce influência em comunidades adjacentes que utilizam a água de poços tubulares para o consumo humano, onde Azevedo et al. (2016) estudaram as águas de 04 poços da Universidade Federal do Maranhão e 04 poços tubulares da CAEMA - Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão, distribuídos nas comunidades de São Benedito, Porto Grande, Inhaúma e Estiva (**Figura 4.1**), dos quais foram

coletadas 16 amostras, 02 em cada poço em diferentes períodos a fim de se cobrir estações seca e chuvosa.



Fonte: AZEVEDO et al. (2016)

Figura 4.1 - Área com pontos da coleta de água subterrânea para a pesquisa de Azevedo al (2016) em cidades da Região Metropolitana de São Luís - MA

Durante as coletas de água para a pesquisa, Azevedo et al. (2016) afirmam que foram obtidos *in situ* os valores de temperatura da água, turbidez, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e nível estático da água nos poços, que juntamente com os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas das mesmas águas foram interpretadas sob o foco da Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que estabelecia os limites máximos dos parâmetros qualitativos para a água voltada para consumo humano.

Dos resultados obtidos, concluiu-se que a turbidez se mostrou elevada em boa parte do período de estudo e que os demais parâmetros demonstraram variação dentro dos padrões de normalidade. As concentrações de nitrito, nitrato e amônia ficaram abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Portaria, mas constatou-se a presença de *Escherichia coli* em 04 amostras analisadas, o que coloca em risco a saúde das famílias que fazem uso destas águas.

Bastos (2016) realizou um levantamento da qualidade da água distribuída pela rede de abastecimento pública nos municípios da Baixada Maranhense, sendo eles: Pinheiro, Arari, Viana, Matinha, São Bento, Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açu, onde se observaram resultados de indicadores microbiológicos com índices superiores ao estabelecido em padrões de potabilidade no período seco do ano para Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis* nos municípios de Matinha, São Bento, Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário e Conceição do Lago Açu. Não foi registrada a presença de *Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa e Enterococcus faecalis* nas amostras de águas de Pinheiro, Arari e Viana.

No período chuvoso com alta pluviosidade foram constatadas concentrações elevadas de Coliformes totais, *Escherichia coli, Psedumonas aeruginosa e Enterococcus faecalis* em Matinha, Bela Vista do Maranhão, Monção, Cajari, Pedro do Rosário. Em São Bento ocorreu a contaminação por Coliformes totais, *Escherichia coli e Pseudomonas aeruginosa*, enquanto que em Pinheiro e Viana foi observada a contaminação por Coliformes totais, e em Arari por *Enterococcus faecalis*. A presença destes agentes microbiológicos em concentrações acima dos padrões estabelecidos pelas normas sanitárias pode causar danos à saúde pública da população que consome essa água.

Trinta (2017), trabalhou com análises físico-químicas e bacteriológicas das águas subterrâneas do SIAGAS referentes a Ilha de São Luís e de projetos de liberação de outorgas da SEMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão, localizados ao longo do litoral norte da ilha, em área da Região Metropolitana de São Luís.

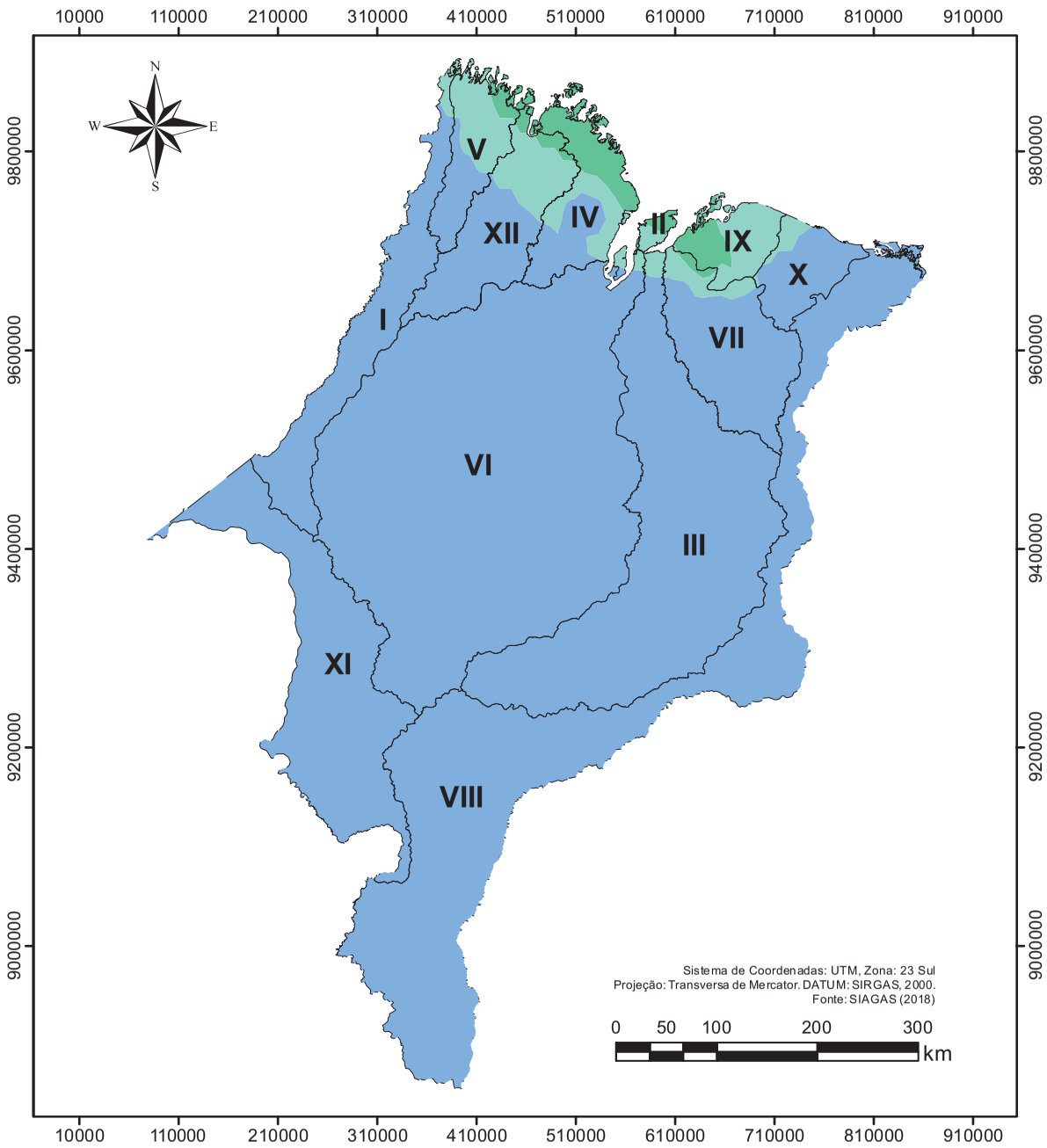
Dos 43 poços visitados em campo com a finalidade de se avaliar a água utilizada para o consumo humano/abastecimento doméstico, e que dispunham de análises físico-químicas e bacteriológicas, observou-se que apenas 17 seguem a norma de regulamentação da periodicidade de coleta e análise, regulamentada como de caráter semestral segundo a Portaria nº 2.914/11 MS. Além disso, foram encontradas irregularidades para o padrão de potabilidade, com poços fornecendo águas com valores acima do Valor Máximo Permitido - VMP de turbidez e ferro (0,3 mg/L), 12 poços com águas muito acidificadas (pH deve oscilar entre 6,0 e 9,5), bem como valores de condutividade elétrica variando entre 20 μS/cm e 1280 μS/cm a 25ºC que refletem STD predominantemente inferior a 1000 mg/L, padrão recomendado para águas potáveis para consumo humano.

Um dos grandes problemas que o Maranhão possui é a destinação dos resíduos sólidos, considerados como fontes potenciais de poluição para as águas subterrâneas. O IBGE relata que na zona rural o índice de domicílios particulares permanentes com coleta de lixo é muito pequeno, geralmente inferior a 20%, enquanto que na zona urbana ultrapassa os 95%. Nas esferas geoambiental e de preservação das águas subterrâneas, os aspectos mais importantes são o controle do chorume produzido a partir do lixo produzido pela população e a destinação do mesmo. No Maranhão, dos 217 municípios, apenas São Luís tem aterro sanitário, e nos demais municípios o principal destino do lixo são os lixões, muitas vezes construídos de forma completamente irregular (TRINTA, 2017).

O pH representa o logaritmo decimal do inverso da concentração molar dos íons H^+ de um meio aquoso, refletindo a concentração do hidrogênio na água e sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes, estando associado ao gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. Representa, assim, o valor do Potencial Hidrogeniônico da água controlado pelo equilíbrio de íons dissolvidos, adimensional e variando de 1 a 14, caracterizando a solução neutra (pH = 7), básica (pH superior a 7) e ácida (pH inferior a 7).

Segundo a Portaria nº 2914/2011 do Ministério de Saúde, incorporada na Resolução Normativa 05/2017, ele deve estar na faixa entre 6,0 e 9,5. O Mapa de Zoneamento Tendencial de pH das Águas Subterrâneas do Estado do Maranhão (**Figura 4.2**) foi elaborado a partir dos dados disponíveis no SIAGAS (2018). Nele observa-se uma acidificação das águas no litoral maranhense, crescente do interior para a costa, onde o pH oscila um pouco abaixo de 6,0 até valores extremamente ácidos de 3,4 predominando ao norte das Bacias Hidrográficas das Ilhas Maranhenses, Litoral Ocidental e Maracaçumé e a oeste da Bacia do Periá. No restante do Maranhão, e de modo extremamente predominante, as águas subterrâneas possuem pH de 6,0 a 8,8, inseridas dentro do padrão de potabilidade exigido pela legislação brasileira para as águas potáveis destinadas ao consumo humano.

Águas com pH muito baixos são consideradas acidificadas e se utilizadas na irrigação contribuem para problemas de acidificação do solo. Em relação à saúde humana, verifica-se na literatura técnica autores que relacionam a hiperacidez como um precedente e provocador de doenças. Alega-se que, quando o corpo humano está com pH muito ácido, ele extrai elementos disponíveis na medula óssea dos ossos do esqueleto para tentar elevar o pH, processo que, se provocado de forma contínua, leva o organismo à fadiga, podendo causar efeitos adversos no cérebro, pâncreas, medula espinhal, articulações e sistema nervoso central (HAY, 1999 e YONG, 2002 apud NETO, 2016).



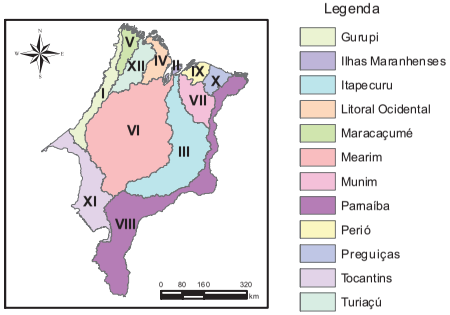
LEGENDA

pH

- ≥ 3,4 < 4,6
- ≥ 4,6 < 5,5
- ≥ 5,5 < 6,0
- ≥ 6,0 ≤ 8,8

Nº de dados: 173

Bacias Hidrográficas



Localização do Maranhão em relação ao Brasil



Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 4.2

Mapa da Concentração de pH nas Águas Subterrâneas do Estado do Maranhão

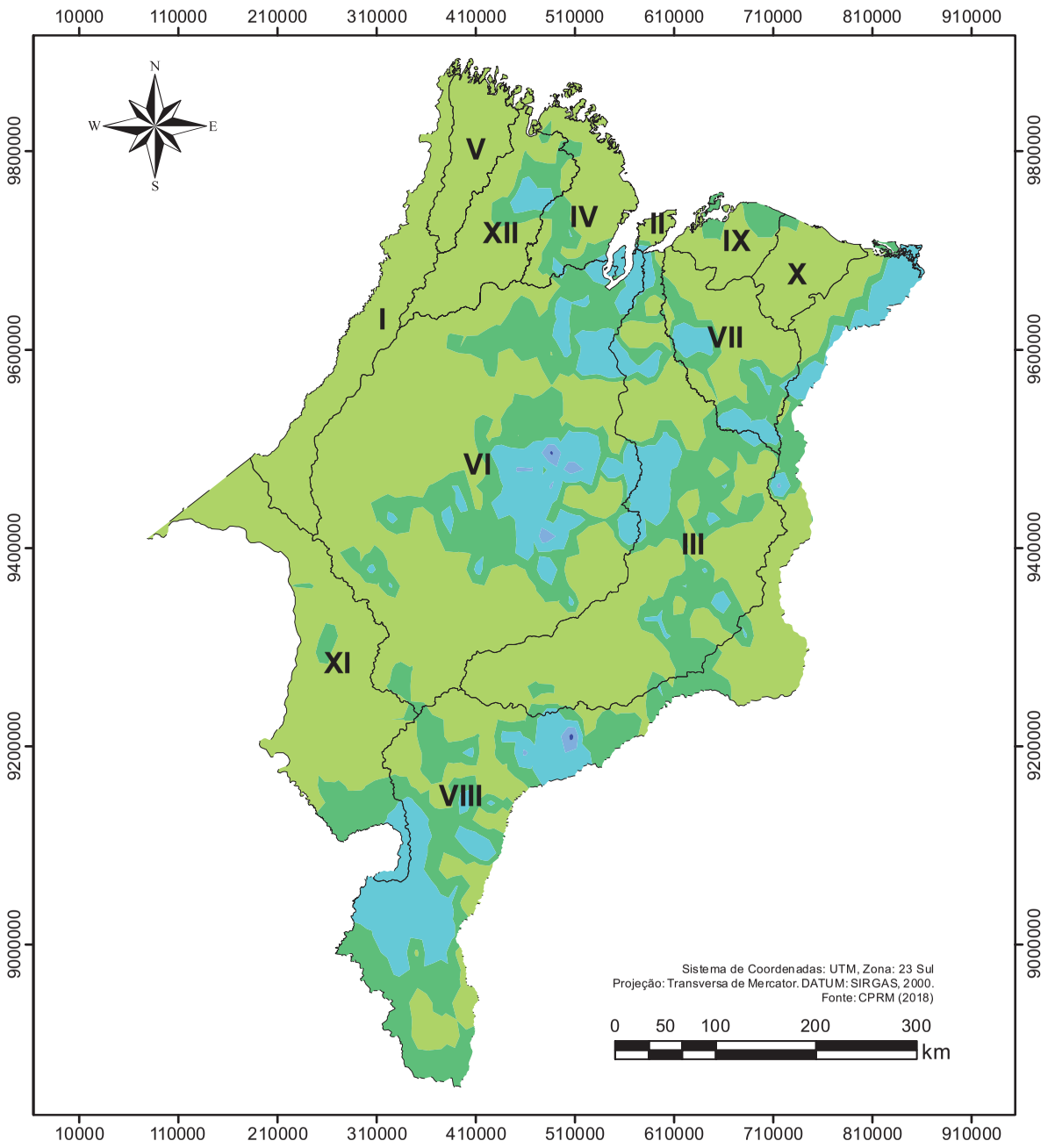
A condutividade elétrica é a propriedade da água de conduzir corrente elétrica, sendo diretamente correlacionável ao STD. Ela é considerada como um bom critério na avaliação do grau de mineralização da água, fornecendo informações dedutivas acerca do meio subterrâneo, a exemplo dos valores baixos de condutividade elétrica característicos de granitos; meios carbonáticos e argilosos contribuem para águas mais condutivas e, portanto, mais ricas ionicamente (BANDERALI e VILLAS, 2015).

O Mapa de Distribuição Tendencial da Condutividade Elétrica das Águas Subterrâneas no Estado do Maranhão (**Figura 4.3**) foi elaborado com dados do SIAGAS (2018) e ressalta a ocorrência, de modo quase que total, das águas com condutividade elétrica inferior a 1.000 µS/cm a 25ºC, destacando-se os valores inferiores a 500 µS/cm, e que denotam águas totalmente enquadradas, por este parâmetro, como águas potáveis para o consumo humano dentro dos padrões exigidos pela Portaria nº 2914/2011 MS (Resolução Normativa 05/2017).

Dentro da classificação proposta na Resolução Normativa do Conselho Nacional do Meio Ambiente do Brasil - CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005, alterada pela Resolução nº 430/2011 CONAMA, "*Águas Doces*" são aquelas destinadas, entre outros, ao consumo humano e, desta forma, pela conversão dos valores de condutividade elétrica para Sólidos Totais Dissolvidos – STD, observa-se que, com base neste parâmetro, existe um predomínio das águas subterrâneas pertencentes a esta classificação.

Existem núcleos isolados de águas com condutividade elétrica superior a 1.000 µS/cm, e particularmente de 1.500 a 1.943 µS/cm, acima do padrão recomendado para água destinada ao consumo humano, sendo estas identificados nas Bacias Hidrográficas do Mearim e Parnaíba.

Embora a classificação iônica das águas realizada comumente através do Diagrama de Piper seja importante para o conhecimento hidroquímico, observa-se que não existem dados químicos que permitam a elaboração deste diagrama em nível de Estado do Maranhão. A mesma coisa se pode dizer da caracterização das águas para a irrigação se utilizando o *Diagrama do US Salinity* que contempla a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e a Salinidade das Águas, amplamente utilizado no cenário agronômico.



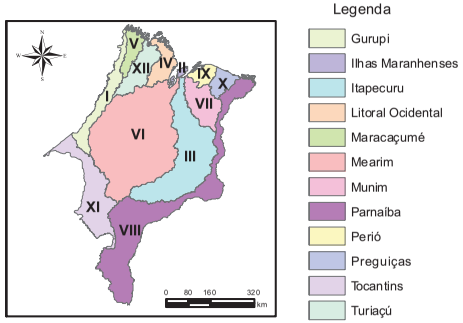
LEGENDA

CE (uS/cm)

- ≥ 17 < 300
- ≥ 300 < 500
- ≥ 500 < 1.000
- ≥ 1.000 < 1.500
- ≥ 1.500 ≤ 1.943

Nº. de dados: 9.353

Bacias Hidrográficas



Localização do Maranhão em relação ao Brasil



Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Estado do Maranhão

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

Figura 4.3

Mapa da Concentração de CE (uS/cm) nas Águas Subterrâneas do Estado do Maranhão

4.1. Qualidade das águas subterrâneas nas bacias hidrográficas

A seguir, são apresentados, de forma mais específica, os dados de qualidade da água subterrânea referentes aos parâmetros obtidos do SIAGAS (2018), expostos por bacia hidrográfica maranhense. Observa-se que, dos 11.618 poços cadastrados neste banco de dados para o Maranhão, existem somente 173 (1,5%) de dados para pH e 592 (5,1%) para condutividade elétrica, mostrando claramente a ausência quase que total dos dados referentes a estes parâmetros para as águas subterrâneas no território maranhense. Ressalta-se que, das 12 bacias, não constam dados/informações qualitativos para as bacias Gurupi, Maracaçumé e Turiaçu enquanto que a Bacia do Munim possui o maior número conforme mostra a **Tabela 4.1**. Estes dados por sistema aquífero são mostrados na **Tabela 4.2**, onde o Aquífero Itapecuru possui o maior número deles, ressaltando-se a presença de um aquífero classificado como "Ilhas Maranhenses", não condizente com classificação aquífera adotada no PERH/MA e, sim, com bacia hidrográfica. Porém, estes dados refletem o que consta no SIAGAS e este é abastecido com relatórios cedidos por empresas construtoras de poços que, em alguns casos, não possuem técnico qualificado para o reconhecimento da descrição litológica onde o poço está sendo construído.

4.1.1. Bacia das Ilhas Maranhenses

No SIAGAS (2018) existem somente 02 poços cadastrados na Bacia das Ilhas Maranhenses, mas Trinta (2017) cadastrou 31 com dados de 1982, 1987, 2011 e 2016. Quanto ao odor das águas subterrâneas, em 05 poços (16%) não há informações disponíveis deste parâmetro, 20 (64,5%) deles possuem água inodora e 06 (19,4%) registraram como odor não objetável (**Figura 4.4**).

Segundo Arnesen et al. (2017), o odor é uma propriedade da água que envolve cheiro e sensações de sentimentos no nariz, classificados de várias formas, sendo causados por agentes comuns como terra, mofo, grama, vegetação viva ou em decomposição e peixe. O decaimento da biomassa algal, ou das plantas terrestres, pode resultar nos odores de associados a vegetação em decomposição, ovo podre e séptico, causados pelos alquil-sulfetos

Tabela 4.1 - Dados de pH e condutividade elétrica para as bacias hidrográficas do Estado do Maranhão

Bacias Hidrográficas	pH			Nº. de dados	CE			Nº. de dados
	Média	Mínimo	Máximo		Média	Mínimo	Máximo	
I - Bacia Gurupi	-	-	-	-	-	-	-	-
II - Bacia Ilhas Maranhenses	5,28	3,40	7,44	31	146,14	37,00	670,80	28
III - Bacia Itapecuru	7,60	6,00	8,50	22	294,82	100,00	640,00	17
IV - Bacia Litoral Ocidental	7,1			01	200,00			01
V - Bacia Maracaçumé	-	-	-	-	-	-	-	-
VI - Bacia Mearim	7,70	5,50	8,83	86	484,02	63,19	6200,00	94
VII - Bacia Munim	7,30	5,00	8,50	05	273,90	11,00	3610,00	276
VIII - Bacia Parnaíba	7,44	5,90	8,40	17	281,14	18,00	1800,00	84
IX - Bacia Periá	7,36			01	493,00			01
X - Bacia Preguiças	7,40			01	122,16	34,00	483,00	82
XI - Bacia Tocantins	7,73	7,25	8,30	09	118,51	40,00	300,00	09
XII - Bacia Turiaçu	_-	-_	_-	_-	_-	_-	-_	-_
Total	**-**	**-**	**-**	***173***	**-**	**-**	**-**	***592***

Fonte: SIAGAS (2018) LEGENDA: CE – Condutividade elétrica

Tabela 4.2 - Dados de pH e condutividade elétrica por sistema aquífero do Estado do Maranhão.

Aquífero	pH			Nº. de dados	CE			Nº de dados
	Média	Mínimo	Máximo		Média	Mínimo	Máximo	
Aluvionar	7,40			01	-	-	-	-
Barreiras	6,59	5,38	7,44	03	279,00	37,00	420,00	03
Coberturas Cenozoicas	5,30			01	110,31	25,00	290,00	13
Codó	7,90	6,70	8,83	26	463,18	40,00	1460,00	27
Corda	8,13	6,70	8,83	25	498,27	122,00	1460,00	24
Grajaú	7,71	7,03	8,55	04	343,63	129,60	627,87	04
Ilhas Maranhenses	8,50			01	6200,00			01
Itapecuru	6,62	3,40	8,83	84	281,18	11,00	3610,00	360
Itararé	4,42			01	162,44	30,00	390	03
Mosquito	7,79			01	189,53			01
Motuca	7,56	6,70	8,50	06	491,30	65,00	800,00	05
Pastos Bons	6,95	6,00	7,90	02	240,00			01
Pedra de Fogo	8,04	6,75	8,40	07	572,00	190,00	1800,00	05
Piauí	7,54	5,90	8,40	08	267,71	50,00	525,00	07
Sambaíba	7,35	6,80	7,90	02	330,50	240,00	421,00	02
Sedimentos Costeiros	7,36			01	493,00			01
Não definido	-	-	-	00	154,05	34,00	586,00	135
Total	**-**	**-**	**-**	***173***	**-**	**-**	**-**	***592***

Fonte: SIAGAS (2018) LEGENDA: CE – Condutividade elétrica

Muitas vezes, os problemas com gosto e odor podem ser causados por certos tipos de bactérias que podem produzir ferro, manganês e sulfetos. Estes problemas podem ser indicados pela bio-incrustação das bombas, corrosão de materiais férricos, água escura ou avermelhada, partículas inorgânicas ou biológicas. Crescimento de limo é, algumas vezes, mas não sempre, indicador da presença de tais bactérias.

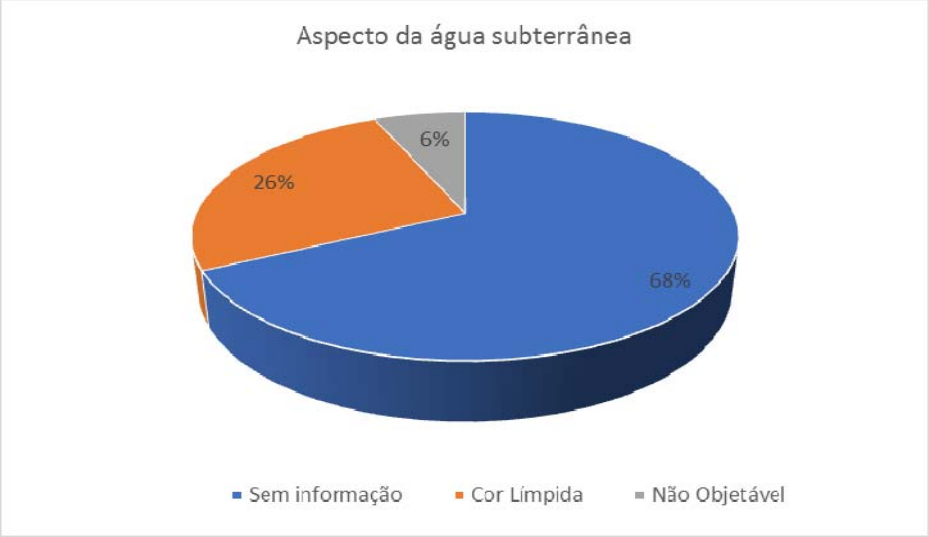


Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.4 - Odor das águas subterrâneas na Bacia das Ilhas Maranhenses.

A cor da água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la devido a presença de sólidos dissolvidos, principalmente de material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Estes podem ser os ácidos húmico e fúlvico resultantes da decomposição de matéria orgânica, em específico as folhas e outros substratos; os esgotos sanitários, apresentando-se predominantemente como matéria em estado coloidal, correspondendo à taninos, anilinas, lignina e celulose, provenientes de diversas indústrias (PIVELI, s/d). Podem ser correspondentes, ainda, as algas ou a presença de efluentes industriais e domésticos.

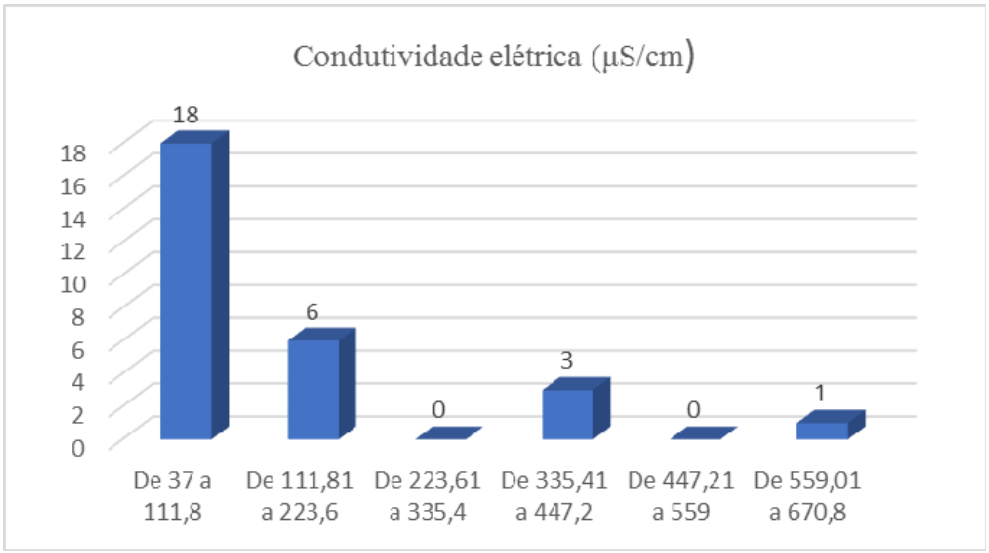
Para o padrão de potabilidade de águas para consumo humano, a Portaria nº 2914/11 MS (Resolução Normativa 05/17) exige que a intensidade de cor seja inferior a 05 unidades de cor. Não há informações quanto ao aspecto da cor para a água de 21 poços (67,7%), 08 possuem águas límpidas (25,8%) e 02 não objetável (6,5%) (**Figura 4.5**).



Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.5 - Aspecto da cor das águas subterrâneas da Bacia das Ilhas Maranhenses

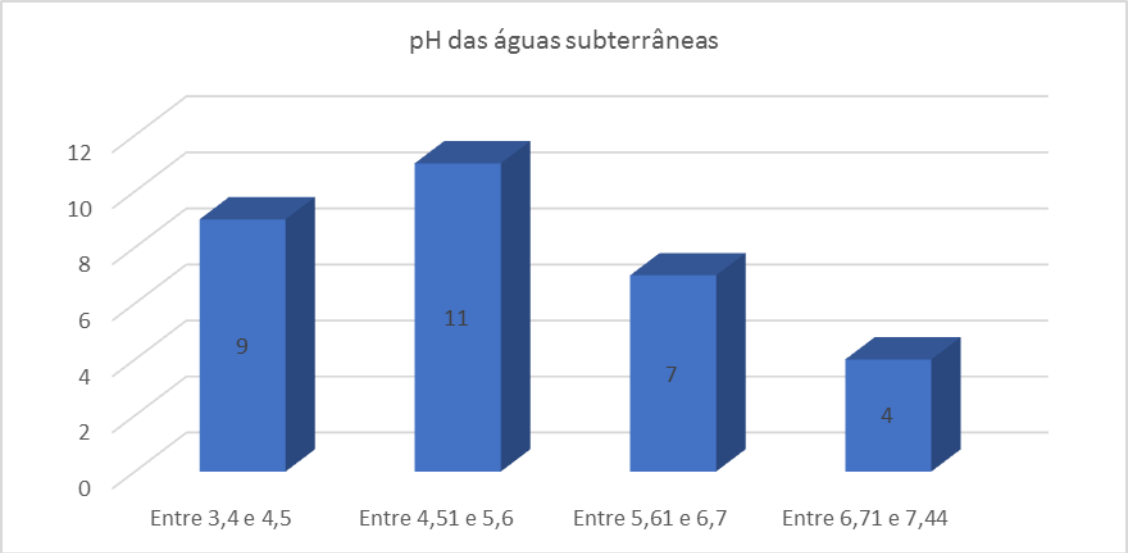
Os valores de condutividade elétrica das águas captadas por poços tubulares variaram de poucos a 670,8 µS/cm a 25ºC, sendo predominante os valores inferiores a 111,8 µS/cm (64,28%) refletindo águas pouco mineralizadas e um STD máximo em torno de 67 mg/L, seguidas por águas com valores entre 111,81 e 223,60 µS/cm (21,42%) (**Figura 4.6**).



Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.6 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas na Bacia das Ilhas Maranhenses

O pH variou entre 3,4 e 7,4, existindo um pequeno predomínio de águas com valores oscilando entre 4,51 e 5,6 (35,5%), seguido dos valores entre 3,4 e 4,5 (29,0%) e 5,6 a 6,7 (22,6%) (**Figura 4.7**), ou seja, 87,1% representam águas subterrâneas ácidas a levemente ácidas que é característico das águas da Amazônia, mas entendível pela localização do Maranhão no limite com a região amazônica.



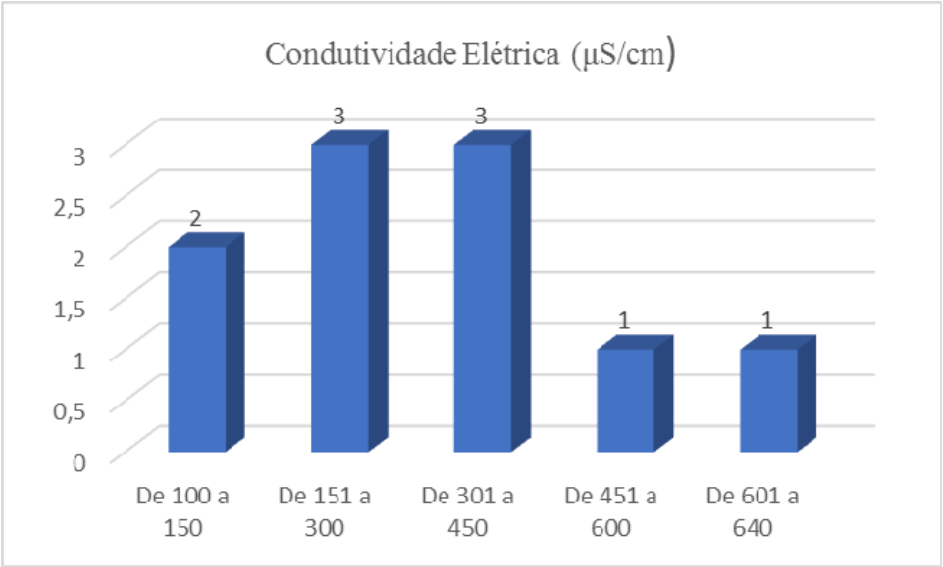
Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.7 - pH das águas subterrâneas na Bacia das Ilhas Maranhenses

4.1.2. Bacia de Itapecuru

Existem 2.188 poços cadastrados no SIAGAS (2018) para a Bacia de Itapecuru, mas somente um máximo de 15 deles com dados de qualidade refletida em termos de condutividade elétrica e pH, e se referem ao período de 1967 a 2008.

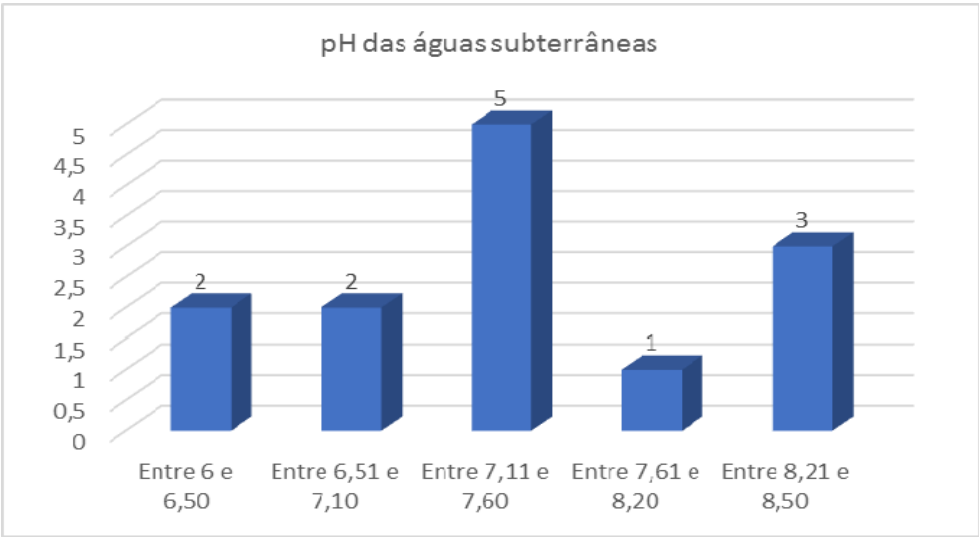
Os valores de condutividade elétrica das águas subterrâneas nesta bacia alcançam 640 µS/cm a 25ºC, predominando aqueles inferiores a 450 µS/cm (80,0%) que denotam STD de até 270 mg/L (**Figura 4.8**). No geral, todas as águas possuem valores de condutividade elétrica dentro do padrão estabelecido para águas potáveis para consumo humano da Portaria nº 2914/2011 MS (Resolução Normativa 05/2017) que é de STD até 1.000 mg/L



Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.8 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas na Bacia do Itapecuru

Quanto ao pH dessas águas, observa-se o predomínio dos valores entre 7,1 e 7,6 (38,5%) (**Figura 4.9**), ressaltando-se que em todas as águas subterrâneas maranhenses amostradas na Bacia do Itapecuru, este parâmetro oscila entre 6,0 e 8,5 e encontra-se enquadrado no intervalo padrão (6,0 a 9,5) admitido pela Portaria nº 2914/2011 MS (Resolução Normativa 05/17) para as águas potáveis de mesa destinadas ao consumo humano, mesmo que alguns valores denotem águas levemente ácidas, com pH inferior a 7,0.



Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.9 - pH das águas subterrâneas da Bacia do Itapecuru

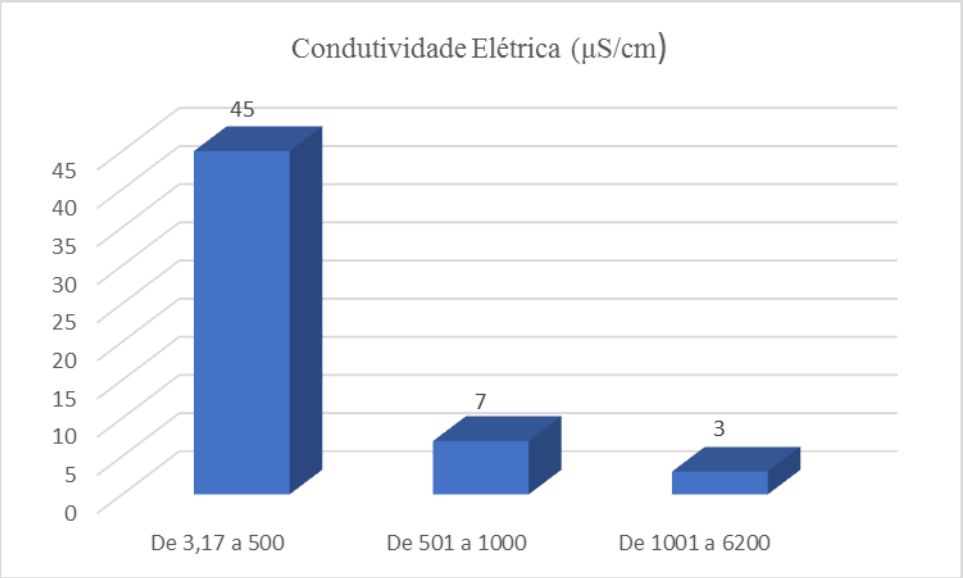
4.1.3. Bacia do Litoral Ocidental

Apesar de existirem 738 poços cadastrados no SIAGAS (2018), existe somente um único poço, construído em 1983, com dados de condutividade elétrica e pH cadastrado na Bacia do Litoral Ocidental que está localizado no município de Bequimão - MA, e capta água do Aquífero Itapecuru. A condutividade elétrica é de 200 μS/cm a 25ºC e o pH é de 7,1, e ambos encontram-se abaixo do Valor Máximo Permitido pela Portaria nº 2914/11 MS (Resolução Normativa 05/17) para as águas potáveis direcionadas para o consumo humano.

4.1.4. Bacia do Mearim

Na Bacia do Mearim existem 3.837 poços cadastrados no SIAGAS (2018), porém um máximo de 70 dados (1,82%) em relação ao parâmetro de qualidade das suas águas. Quanto às análises de qualidade da água subterrânea existem dados de sabor, odor, condutividade elétrica e pH pertinentes ao período de 1967 a 2010. Em relação ao sabor da água captada por 12 poços, 11 (91,7%) possuem água insípida e 01 não objetável (8,3%). No que diz respeito ao odor, há informações em 13 poços, dos quais 12 (92,3%) possuem águas inodoras e 01 não objetável (7,7%).

Os dados de condutividade elétrica das águas mostram valores de até 6.200 μS/cm a 25ºC, com predominância (81,81%) daqueles que oscilaram de poucos a 500 μS/cm e em 07 amostras (10%) variaram entre 501 e 1.000 μS/cm, ou seja, 91,81% das águas possuem condutividade elétrica que denotam STD inferiores a 1.000 mg/L, padrão recomendado pela Portaria nº 2914/11 MS (Resolução Normativa 05/17) para águas potáveis destinadas ao consumo humano. Somente 03 amostras (4,3%) possuem valores entre 1.000 e 6.200 μS/cm (**Figura 4.10**) que podem caracterizar águas com STD acima de 1.000 mg/L, fora do VMP para águas potáveis para consumo humano.



Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.10 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas da Bacia do Mearim

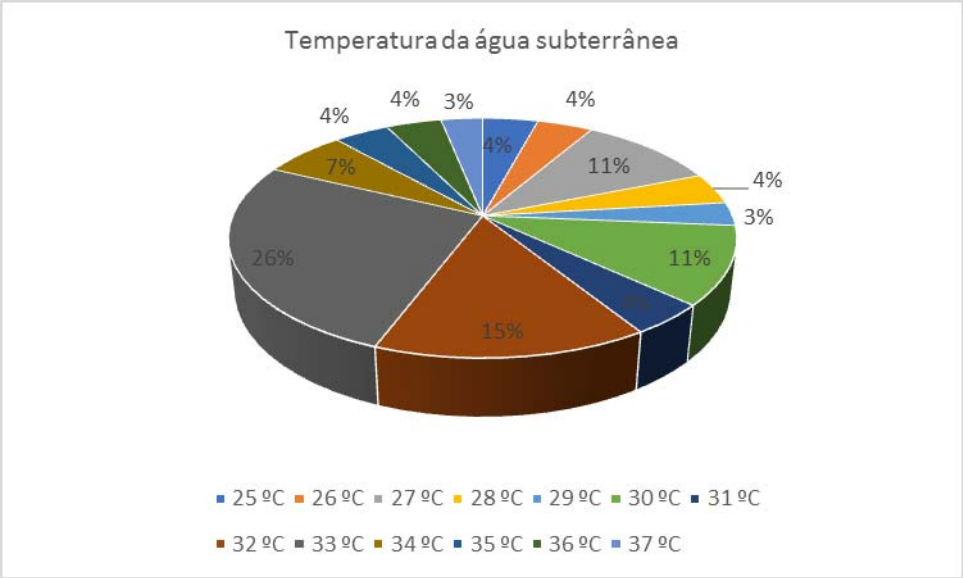
4.1.5. Bacia do Munim

A Bacia do Munim possui 663 poços cadastrados no SIAGAS (2018) e, destes, 276 (41,6%) possuem dados de odor, temperatura, pH e condutividade das águas subterrâneas relativos a 1966, 1984 e 2008.

Quanto ao odor da água, não há dados disponíveis para 157 poços (57%), enquanto existem 119 registros de água inodora (43%).

A temperatura é uma condição ambiental importante em diversos processos ambientais. O aumento da temperatura provoca o aumento da velocidade das reações, em particular as de natureza bioquímica de decomposição de compostos orgânicos. Por outro lado, diminui a solubilidade de gases dissolvidos na água, em particular o oxigênio, base para a decomposição aeróbia (PIVELI, s/d). A Portaria nº 2914/11 MS (Resolução Normativa 05/17) relaciona diversos registros de temperatura da água com processos físico-químicos, a exemplo do pH no processo de desinfecção por cloração.

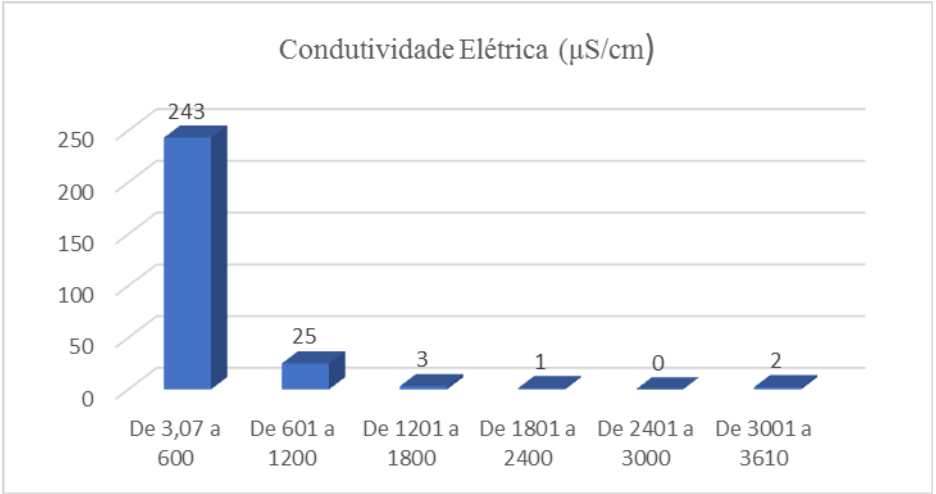
Em relação à temperatura da água subterrânea captada por poço tubular, não há informações disponíveis para 181 deles (65,6%), observando-se, porém, que nos 95 dados disponíveis ela oscila de 25 a 37ºC. Ressalta-se que 35 amostras (36,8%) possuem temperatura oscilando de 25 a 30ºC e predominam águas com 33ºC em 25 amostras (26,3%), temperatura elevada em se tratando de águas armazenadas em subsuperfície (**Figura 4.11**).



Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.11 - Temperaturas das águas subterrâneas da Bacia do Munim

Os valores de condutividade elétrica das águas subterrâneas variam de poucos a até 3.610 µS/cm, predominando com 88,68% os valores inferiores a 600 µS/cm que refletem STD máximo da ordem de 360 mg/L, totalmente inserido dentro do padrão admissível para águas potáveis destinadas ao consumo humano, cuja VMP é de 1.000 mg/L (**Figura 4.12**). Mais 25 amostras (9%) possuem condutividade elétrica entre 601 e 1.200 µS/cm, gerando valores de STD entre 360 a 720 mg/L e, desta forma, admite-se que 97,68% das águas subterrâneas maranhenses com dados de condutividade elétrica cadastrados no SIAGAS (2018) são classificadas como águas potáveis destinadas ao consumo humano.



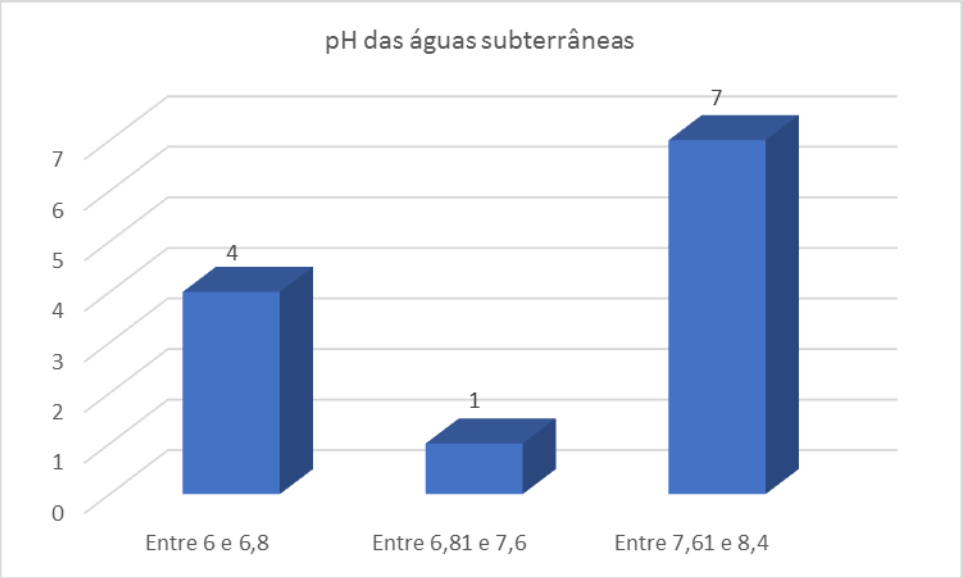
Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.12 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas da Bacia do Munim

4.1.6. Bacia do Parnaíba

A Bacia do Parnaíba possui 2.094 poços cadastrados no SIAGAS (2018), mas somente pouquíssimos possuem dados de qualidade da água, sendo 74 (3,5%) referentes ao odor, 12 (0,57%) para pH e 85 (4%) de condutividade elétrica das águas subterrâneas. Os dados destes parâmetros se referem ao período de 1964 a 2010.

Dos dados referentes ao odor das águas, 73 são classificadas como água inodora (98,65%) e uma como não objetável (1,35%). Referente ao pH, este oscila de 6,0 a 8,4 predominando entre 7,6 e 8,4 com 58,3%, ou seja, com um caráter de águas alcalinas. Todos os valores mostram águas enquadradas no intervalo de 6,0 a 9,5 admitido como padrão para águas potáveis para consumo humano segundo a Portaria nº 2914/11 (Resolução Normativa 05/17) (**Figura 4.13**).

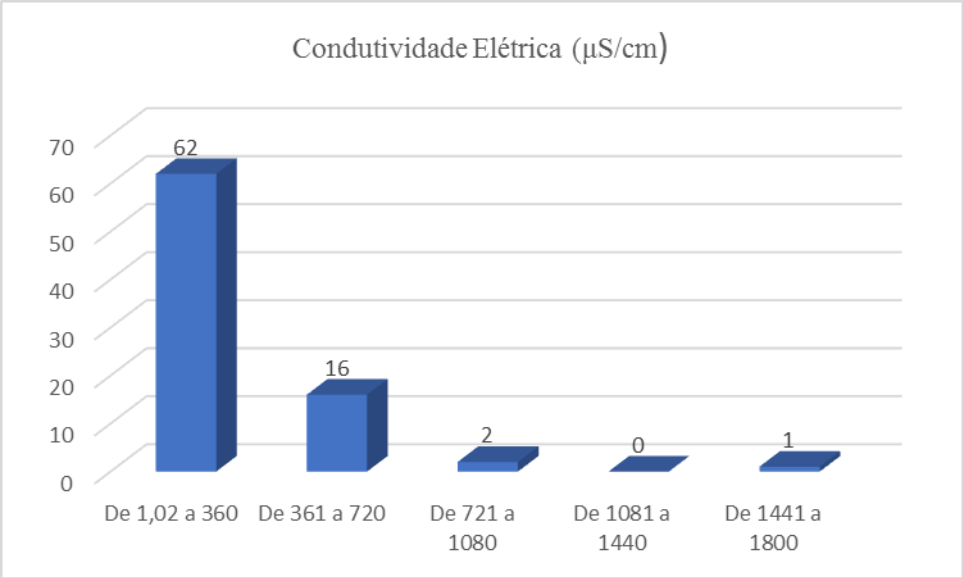


Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.13 - pH das águas subterrâneas da Bacia do Parnaíba

A condutividade elétrica das águas subterrâneas variam de poucos a 1.800 µS/cm a 25ºC, predominando com 76,54% os valores inferiores a 360 µS/cm (**Figura 4.14**), refletindo águas com STD máximo em torno de 216 mg/L. Ressalta-se que 98,76% das águas possuem STD máximo de aproximadamente 648 mg/L, ficando totalmente inseridas no VMP de STD admitido para as águas potáveis destinadas ao consumo humano.

Ressalta-se, ainda, que apenas uma amostra possui valor de condutividade elétrica de 1.800 µS/cm (STD em torno de 1.080 mg/L), um pouco acima do padrão requerido para águas potáveis para consumo humano.



Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.14 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas da Bacia do Parnaíba

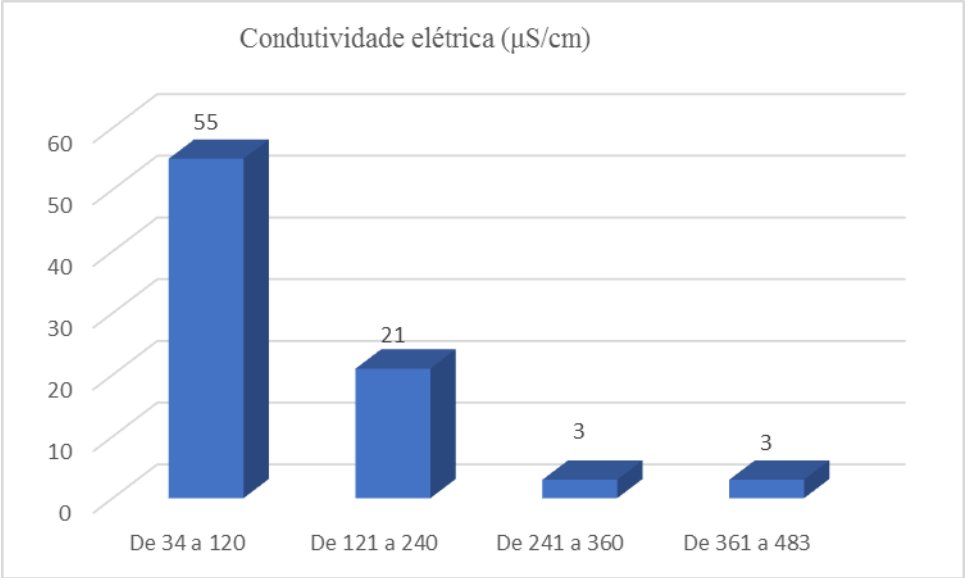
4.1.7. Bacia do Periá

Lamentavelmente, embora existam 90 poços cadastrados para a Bacia do Periá no SIAGAS (2018), só existe um poço cadastrado localizado no município de Primeira Cruz, captando águas do Aquífero Depósitos de Sedimentos Costeiros, com dados de 1999, cuja água apresentou pH de 7,36 e condutividade elétrica de 493 µS/cm e que reflete STD de 296 mg/L que está inserido no padrão de águas potáveis para consumo humano.

4.1.8. Bacia do Preguiças

No SIAGAS (2018) estão cadastrados 234 poços na Bacia do Preguiças, sendo que em 83 deles (35,47%) existem informações sobre odor e condutividade elétrica das águas subterrâneas se reportando aos anos de 1984 e 2008.

Quanto ao odor (82 dados), 100% das amostras correspondem as águas inodoras. A condutividade elétrica possui valores que oscila de poucos a 483 µS/cm, estando predominantemente (67,07%) abaixo de 120 µS/cm, o que reflete um STD em torno de 72 mg/L. Todos os outros valores situam-se entre 121 a 483 µS/cm, denotando STD máximo de 290 mg/L e, consequentemente, considera-se que todas as águas refletem concentração iônica inferior ao VMP de 1.000 mg/L para as águas potáveis com direcionamento ao consumo humano segundo a Portaria nº 2914/11 MS (Resolução Normativa 05/17) (**Figura 4.15**).

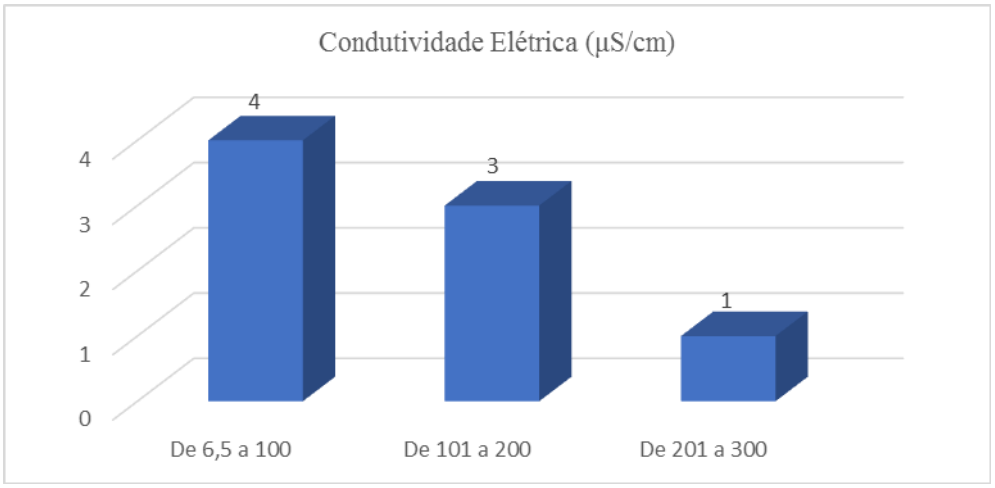


Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.15 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas da Bacia do Preguiças

4.1.9. Bacia do Tocantins

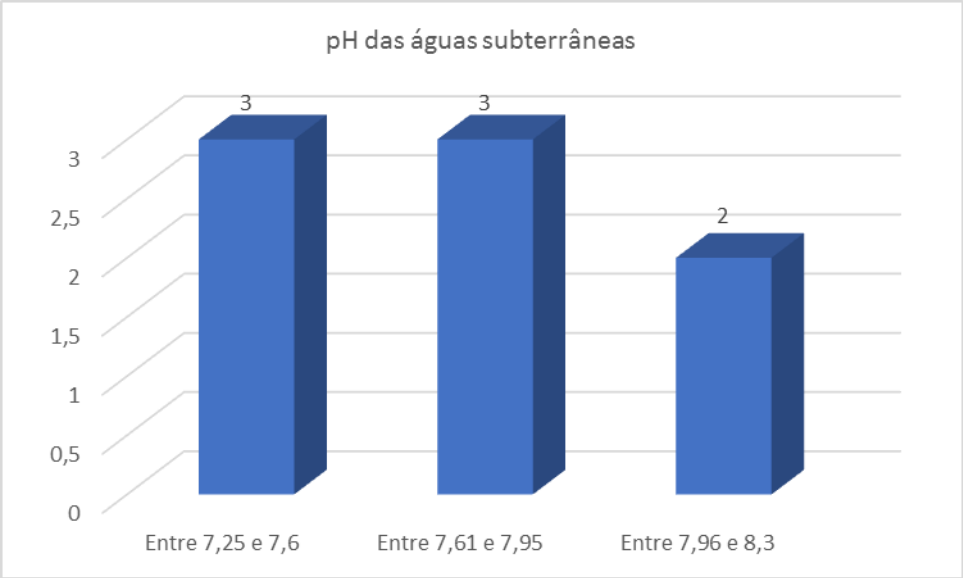
Dos 515 poços cadastrados no SIGAS (2018), existem somente 08 poços (1,55%) com dados de condutividade elétrica para a Bacia do Tocantins, variando de poucos a 300 µS/cm, refletindo STD de 180 mg/L, sendo que 04 amostras (50%) ficaram abaixo de 100 µS/cm (STD de 60 mg/L) (**Figura 4.16**). Estes valores, embora reflitam pequena concentração iônica, encontram-se dentro do VMP admitido para águas potáveis para consumo humano pela Portaria nº 2914/11 MS (Resolução Normativa 05/17) (STD com VMP de 1000 mg/L).



Fonte dos dados: SIAGAS (2018)

Figura 4.16 - Condutividade elétrica das águas subterrâneas da Bacia do Tocantins

Quanto ao pH, existem informações para 08 poços, refletindo variação entre 7,25 e 8,3, não existindo uma predominância acentuada de valores, mas todos estão situados dentro do intervalo padrão de águas potáveis destinadas ao consumo humano (6,0 a 9,5) (**Figura 4.17**).



Fonte dos dados: SIAGAS (2018).

Figura 4.17 - pH das águas subterrâneas da Bacia do Tocantins

5.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional de Águas. Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos e Proposição de Modelo de Gestão Compartilhada para os Aquíferos da Chapada do Apodi, entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. Hidrogeoquímica, Vulnerabilidade dos Aquíferos e Riscos de Contaminação. Brasília: ANA, SIP, 2010. Volume 7.

ANA – Hidroweb - http//:www.hidroweb.ana.gov.br

ANA-Agência Nacional de Águas (2018), *Portal da Qualidade das Águas. Disponível em <portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-introducao.aspx>,* acessado em 15/10/2018.

ANA-Agência Nacional de Águas, SEMA-Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (2017), *Relatório do Primeiro Trimestre – Qualiágua,* São Luiz, 32p.

APHA. (1985). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Treatment,* 12th Ed. American Public Health Association, New York.

ARNESEN, A. S.; LAGANARO, R. A.; MACEDO, A. Técnicas de Avaliação de Gosto e Odor Utilizadas em Águas para Abastecimento Público pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. Anais do Congresso Abes - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2018/02/I-373.pdf> Acesso em 25/11/2018. 14 p.

Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água. ANA – Agência Nacional de Águas, 2009. Brasília (DF). Disponível em:http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx

BASTOS, L. da S. Indicadores de Qualidade da Água para Consumo Humano em Municípios da Baixada Maranhense. 2016. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-graduação em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, Maranhão.

Caputo, M. V. (1984). *Stratigratigraphy, Tectonics, Paleoclimatology and Paleogeography of Northern Basins of Brazil.*Tese de Doutorado, University of California, Santa Barbara.

CETESB (2007). Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006. São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios)

COSTA, W.D.; FEITOSA, F.A.C.; COSTA FILHO, W.D. – 1990 – Explotação do Aquífero Cabeças para irrigação no Vale do rio Gurguéia – PI. Revista Águas Subterrâneas. ABAS. nº 13. São Paulo – SP. p37 – 47.

CPRM – 2011 - Atlas digital dos recursos hídricos subterrâneos do Maranhão – Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Acesso em outubro/2018:http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Maranhao---Atlas-Digital-dos-Recursos-Hidricos-Subterraneos-3107.html

CPRM – Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas no Maranhão

CPRM/SIAGAS – 2016 - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/

Cunha, F. M. (1986). *Evolução Paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu Arcabouço Tectônico.* Tese de Mestrado, UFRJ, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro.

ESTEVES, F.A. (1988) *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 574p.

FEITOSA, E.C.; DEMÉTRIO, J.G.A. – 1990 - Hidráulica de captação conjunta dos Aquíferos Serra Grande e Cabeças na Bacia do Parnaíba. Revista Águas Subterrâneas. ABAS. nº 13. São Paulo – SP. p49 – 61.

FIORUCCI, A.R., BENEDETTI Fº, E., (2005), *A Importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos,* Química e Sociedade, nº 22, nov/2005.

Francisco de Assis Matos de Abreu; Itabaraci Nazareno CAVALCANTE; André A.M Duarte & Milton Antonio da Silva Matta – 2013 – O Sistema Aquífero Grande Amazônia – SAGA e sua compartimentação na Amazônia Brasileira. 13º Simpósio de Geologia da Amazônia. SBG. 22 a 26/09/2013. ANAIS. Belém – PA.

Góes, A. M., Souza, J. M., & Teixeira, L. B. (1990). *Estágio Exploratório e Perspectivas Petrolíferas da Bacia do Parnaíba.* Boletim de Geociências da PETROBRAS, v. 4, n. 1, p. 55-64, jan/mar., PETROBRAS, Rio de Janeiro.

GRUNITZKI, R., FERRARI, J.C., CARLA, A., ZAMBÃO, P.H., e NECKEL, E.V.P. (2013). *Ferramenta WEB para determinação do Índice de Qualidade de Água a partir da reestruturação das equações que descrevem as curvas dos indicadores de qualidade.* Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, RS.

hidrográficos maranhenses - 2015. São Luís: UEMA, 2015.

IBGE. Censo Demográfico 2010 - Disponível em: http://censo2010.ibge.gov.br/pt/censo-2010.

INMET. Normais Climatológicas 1961 a 1990. INMET. Brasília, 1992.

KEGEL, W. – 1955 – Água subterrânea no Piauí. Boletim nº 156. Ministério da Agricultura/Departamento Nacional de Produção Mineral/Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro – RJ. 61p.

LAMPARELLI , M. C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

LEITE, C.E.S. – 2017 – Vocação hidrogeológica do Aquífero Serra Grande, nos Estados do Ceará e Piauí, e do Aquífero Cabeças, no Estado do Piauí, através de modelagem em SIG. Tese de Doutorado. Exame de Qualificação. Programa de Pós-Graduação em Geologia do Departamento de Geologia/CC/UFC. Fortaleza – CE. 170p.

MEDEIROS, A. C. (2012). *Obtenção do IQA para avaliação da qualidade da água em rios dos municípios de Abaetetuba e Barcarena -PA,* Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará.

MOLLE, F. e CADIER, E. Manual de Pequenos Açudes. SUDENE/ORSTOM. Recife, 1989.

NASCIMENTO, Luiz Sérgio Vasconcelos do, CAMPOS, José Nilson B., STUDART, T. M. C., BARCELOS, Dyego Galdino. Desvios nas estimativas de vazões Regularizadas Resultantes das Representação das Relações Cota x Área x Volume por Equações matemáticas In: XXI Congresso Latinoamericano de Hidráulica, 2004, São Pedro. Anais do XXI Congresso Latinoamericano de Hidraulica. IAHR, 2004.

NUGEO, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)/NUGEO, Bacias e sistemas

OLIVEIRA, J.M.B. ; CASTRO, A. C. L. ; PEREIRA, E. D. ; AZEVEDO, J. W. J. . Qualidade da Água Subterrânea em Comunidades Rurais de São Luís - MA. Espacios (Caracas), v. 37, p. 11, 2016.

PEREIRA, R. F., FEITOSA, A. V., NUNES, A. I. V., CASTRO, M. A. H., PAULINO, W. D., (2013). *Análise de sensibilidade dos parâmetros do Índice de Qualidade de Água (IQA).* Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, RS.

PESSOA, M.D. – 1978 – Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste. Folha nº 13, Teresina – SE. Série Hidrogeologia. Divisão de Hidrogeologia. SUDENE. Recife – PE. nº 57, 251p.

---------- - 1979 - Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste. Folha nº 18, São Francisco – NE. Série Hidrogeologia. Divisão de Hidrogeologia. SUDENE. Recife – PE. nº 59, 257p.

PIVELI, R. P. Aula 5: Características Físicas das Águas: Cor, Turbidez, Sólidos, Temperatura, Sabor e Odor. Apostila do Curso de Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos. USP - Universidade de São Paulo. s/d. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>. Acesso em 23/11/2018. 26 p.

Plano diretor da bacia hidrográfica do Mearim, MPB Engenharia, Secretaria de Estado das Cidades e Desenvolvimento Urbano – SECID, 2014.

SALAS, J.D., Boes, D.C. Shifting level modeling of hydrologic series. Advances in Water Resources 3, 59–63, 1980.

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F. A. C; MANOEL FILHO, J. (Coordenadores). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 2000. p 81-108.

SILVA, M. R.; SILVA, L. V.; BARRETO, L. N. ; C.; RODRIGUES, E. H. C. ; MIRANDA, R. C. M.; BEZERRA, D. S. ; PEREIRA, D. C. A. Qualidade da Água da Bacia do Rio Pindaré, nos trechos correspondentes aos Municípios de Pindaré- Mirim, Tufilândia e Alto Alegre no Estado do Maranhão. Águas Subterrâneas, v. 31, n. 4, p. 347-354, 2017.

SMALL, H.L. – 1914 – Geologia e suprimento d`água subterrânea no Piauhy e parte do Ceará. Inspetoria de Obras contra as Seccas – IFOCS. Public. 32, Rio de Janeiro – RJ.

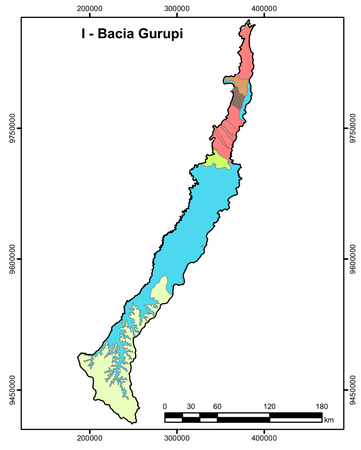
SNSB, Sistemana Nacional de Segurança de Barragens, Relatorio de Segurança de Barragens. Agência Nacional das águas - ANA. 2017

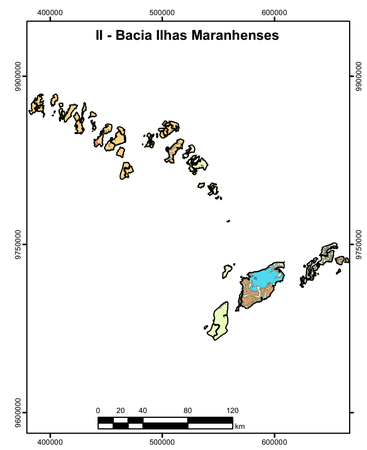
STUDART, T. M. C. ; Paulo Márcio Souza Vieira . Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidro- Ambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro. Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 14, p. 125-136, 2009.

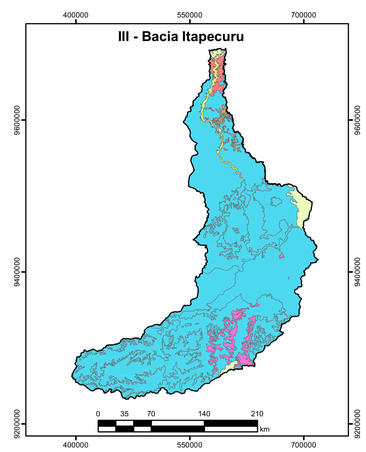
Studart, T.M.C. Análises de incertezas na determinação de vazões regularizadas em climas semiáridos. Tese de Doutorado em Recursos Hídricos, Fortaleza, 2000.

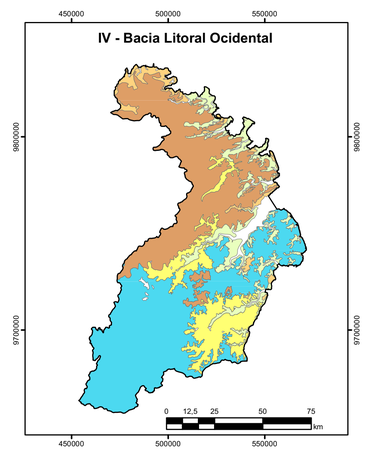
Tucci, C. E. M. Regionalização de Vazões. Editora Universidade/UFRGS, 2002.

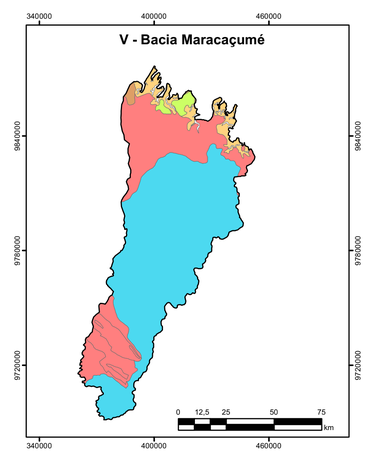
ANEXO I - MAPAS DE DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS SIMPLIFICADOS

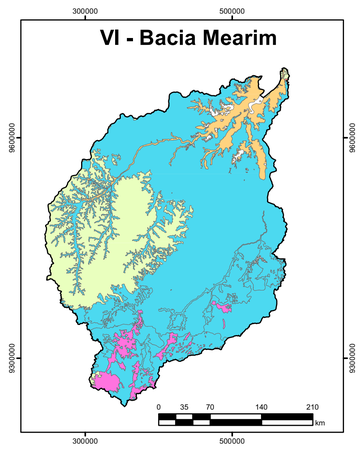


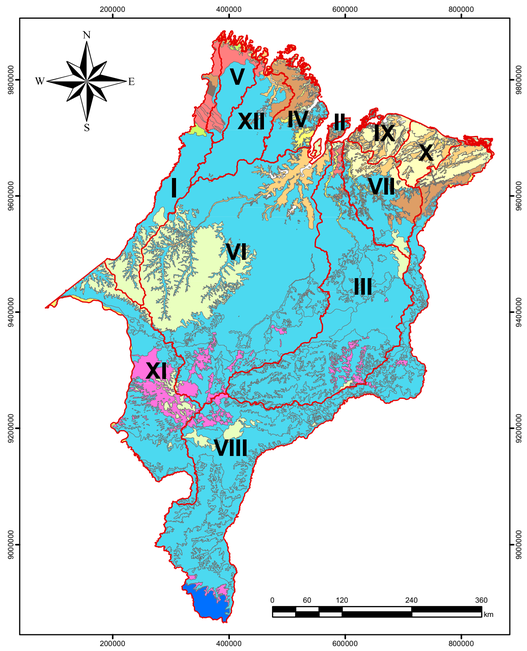


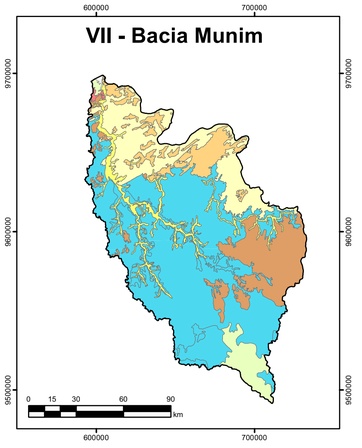












LEGENDA

Domínios Hidrogeológicos

Domínio das Coberturas Indiferenciadas DCI
- Aluviões
- Dunas
- Depósitos litorâneos
- Coberturas Indiferenciadas

Domínio Sedimentar Predominantemente Clástico DSC
- Bacia do Parnaíba
- Bacia do Urucuia
- Barreiras

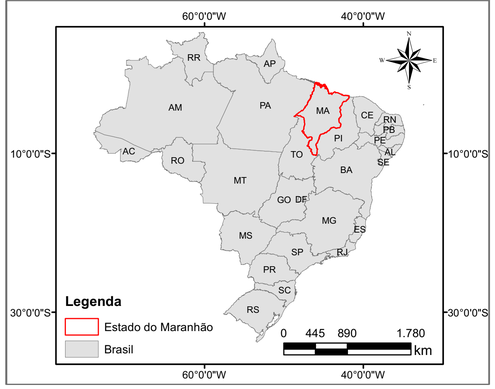
Domínio Cristalino DC
- Cristalino
- Metassedimentos-Metavulcânicas
- Vulcânicas

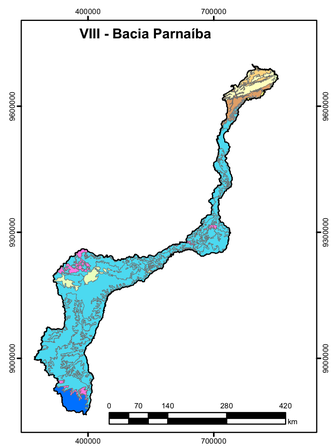
Domínio Misto DM
- Poroso/Fissural

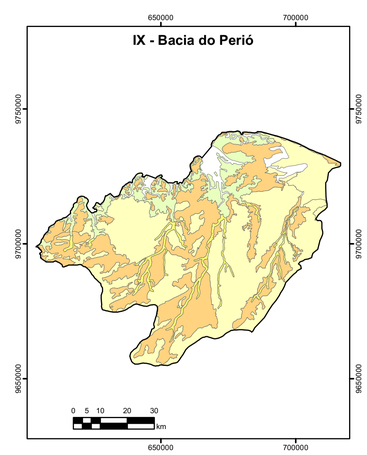
Articulação das Bacias Hidrográficas

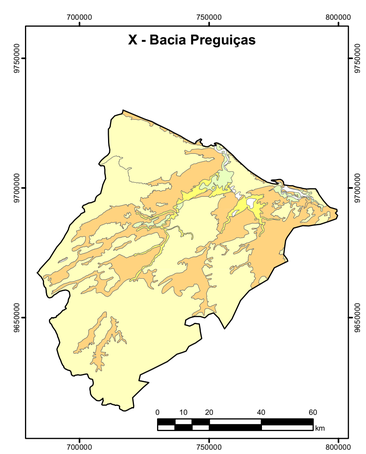
- Gurupi
- Ilhas Maranhenses
- Itapecuru
- Litoral Ocidental
- Maracaçumé
- Mearim
- Munim
- Parnaíba
- Perió
- Preguiças
- Tocantins
- Turiaçú

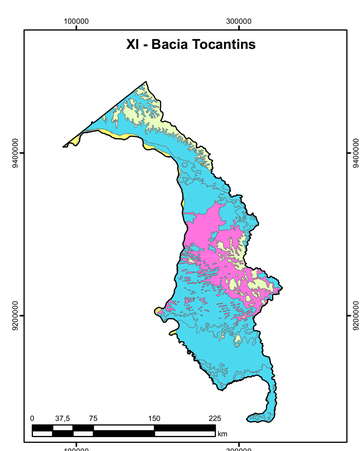
Localização do Maranhão em relação ao Brasil

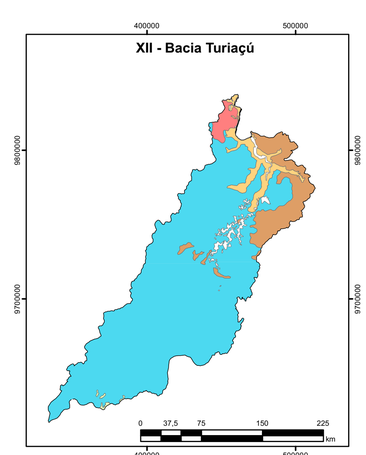












Sistema de Coordenadas: UTM, Zona: 23 Sul
Projeção: Transversa de Mercator. DATUM: SIRGAS, 2000.
Fonte: CPRM (2018)

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

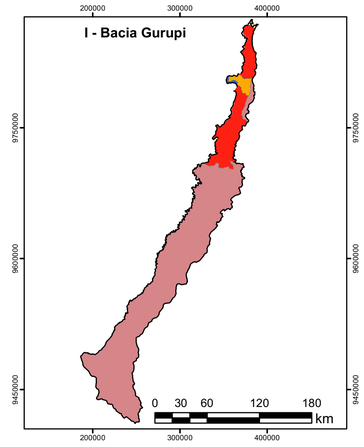
Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

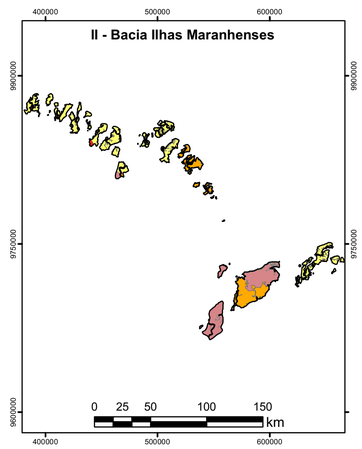
Sub-Produto 2.2: Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

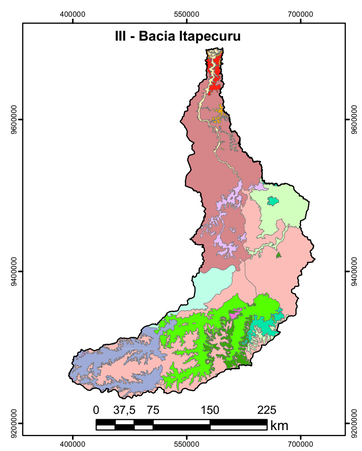
Anexo I

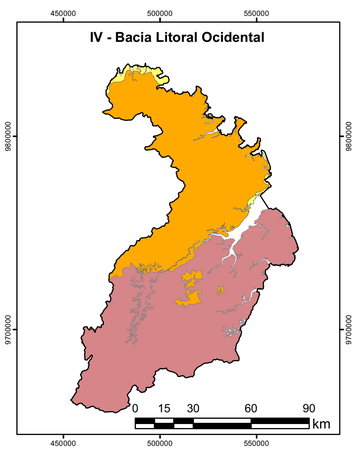
Mapa dos Domínios Hidrogeológicos Simplificados

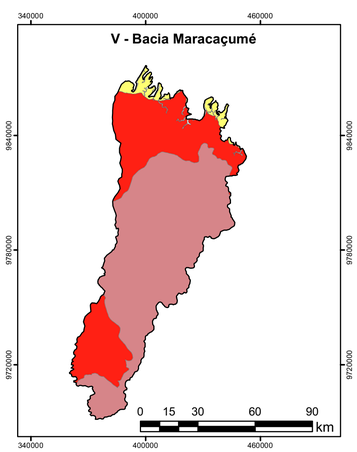
ANEXO II - MAPAS DOS SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS SIMPLIFICADOS

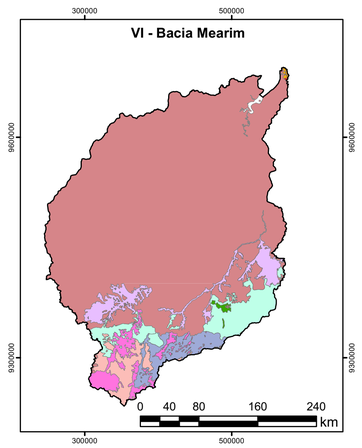


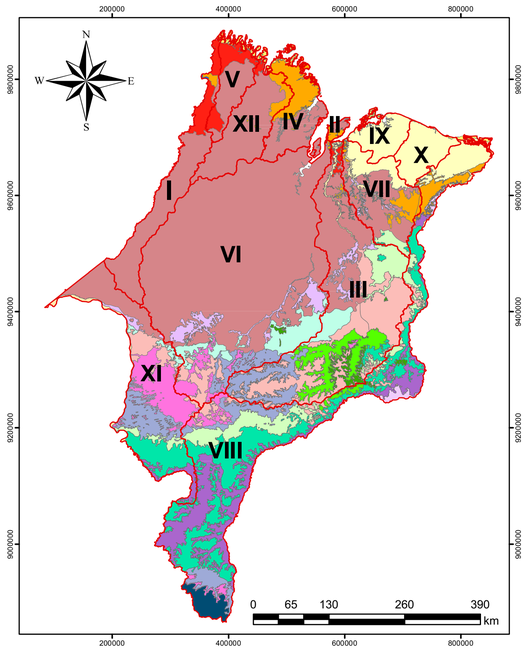


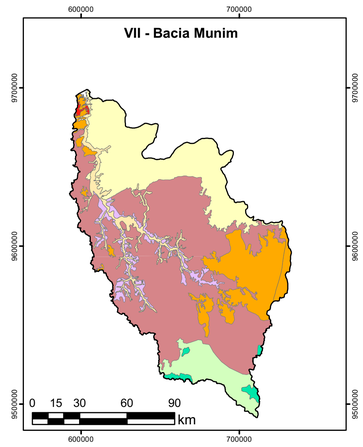


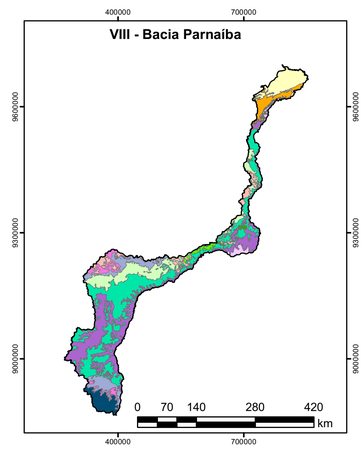


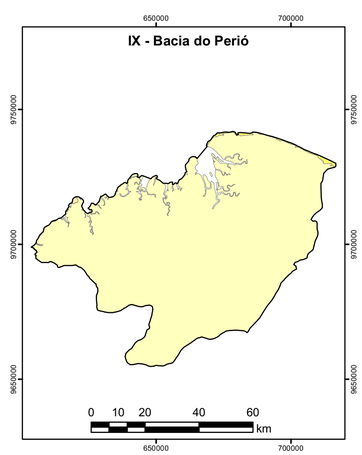


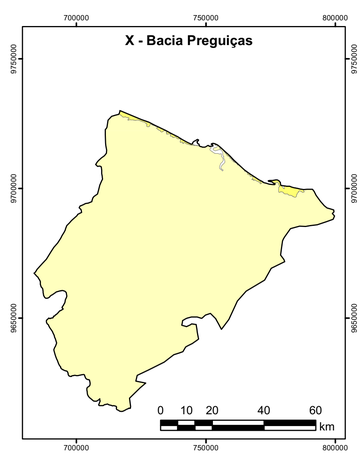


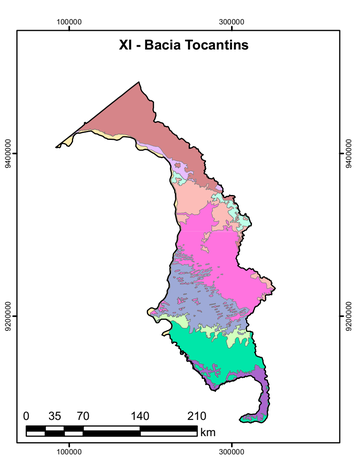


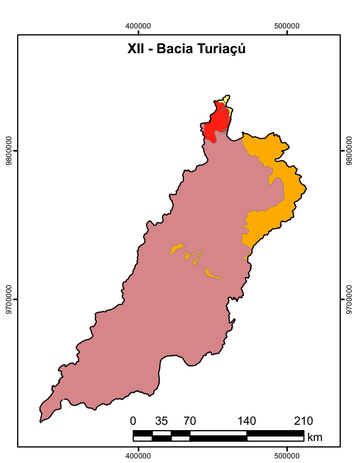










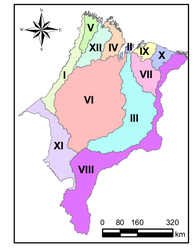


LEGENDA

Sistemas Hidrogeológicos Simplificados

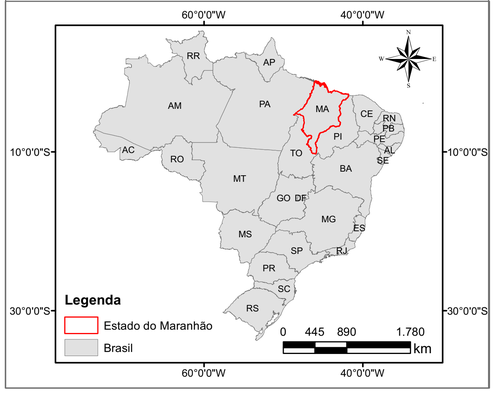
- Aluvionar (Areia, silte e argila)
- Dunas (Areia fina a média)
- Sedimentos Litorâneos (Areia, argila, silte e cascalho)
- Barreiras (Arenito, siltito, argilito e conglomerado)
- Codó (Folhelho, siltito, arenito e calcário)
- Corda (Arenito fino a médio e argilito)
- Grajaú (Arenito médio)
- Itapecuru (Arenito fino a grosso e arenito argiloso)
- Longá (Folhelho e siltito)
- Mosquito (Basalto)
- Motuca (Arenito fino a médio e folhelho)
- Pastos Bons (Arenito fino argiloso, folhelho e calcário)
- Pedra de Fogo (Arenito fino argiloso, silexito e calcário)
- Piauí (Arenito fino a médio)
- Pimenteiras (Folhelho e siltito)
- Poti (Arenito fino a médio)
- Sambaíba (Arenito fino a médio)
- Sardinha (Basalto e diabásio)
- Serra Grande (Arenito fino a grosseiro e conglomerado)
- Urucuia (Arenito, pelito e arenito conglomerático)
- Cristalino (Granitóide, vulcânica, metavulcânica, metassedimento, gnaisse, migmatito, granulito, xisto e quartzito)

Articulação das Bacias Hidrográficas



- Gurupi
- Ilhas Maranhenses
- Itapecuru
- Litoral Ocidental
- Maracaçumé
- Mearim
- Munim
- Parnaíba
- Perió
- Preguiças
- Tocantins
- Turiaçú

Localização do Maranhão em relação ao Brasil



Sistema de Coordenadas: UTM. Zona: 23 Sul
Projeção: Transversa de Mercator. DATUM: SIRGAS. 2000.
Fonte: CPRM (2016)

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos - SRH

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Sub-Produto 2.2- Relatório Temático 4 (RT4) - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas

ANEXO II

Mapa dos Sistemas Hidrogeológicos Simplificados

Ministério do
Meio Ambiente

SEMA | GOVERNO DO MARANHÃO

GOVERNO COM O POVO, O MARANHÃO NUM CAMINHO NOVO!

ibi
ENGENHARIA
CONSULTIVA S/S.