Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano - PMQACH

Relatório Técnico Anual

Março 2024

FUNDAÇÃO renova

Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano - PMQACH

Relatório Técnico Anual

Março 2024

Apoio:

SUMÁRIO

1 - Apresentação 5
2 - Equipe Técnica 7
3 - Introdução 8
3.1 - PMQACH 9
4 - Objetivo 12
5 - Metodologia 13
5.1 - Apresentação da área de estudo 13
5.2 - Malha amostral 14
5.3 - Parâmetros analisados e frequência de amostragem 19
5.4 - Legislação aplicável 21
5.5 - Coleta e análise 22
5.5.1 - Acreditação dos laboratórios contratados e subcontratados pela NBR-ISO-17025 22
5.5.2 - Procedimentos de amostragem e equipamentos de campo e laboratoriais 23
5.5.3 - Registros de campo 26
5.5.4 - Limites de detecção e quantificação dos métodos 28
5.5.5 - Laudos analíticos 30
5.6 - Avaliação da consistência dos dados 32
5.7 - Apresentação dos resultados 34
6 - Resultados 37
6.1 - Mariana 45
6.1.1 - Pontos sem tratamento 47
6.1.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 47
6.1.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 60
6.2 - Barra Longa 63
6.2.1 - Pontos sem tratamento 65
6.2.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 65
6.2.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 72
6.2.2 - Pontos com tratamento 76
6.2.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 76
6.2.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 81
6.3 - Rio Doce 84
6.3.1 - Pontos sem tratamento 86

6.3.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 86
6.3.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 91
6.4 - Santa Cruz do Escalvado 95
6.4.1 - Pontos sem tratamento 97
6.4.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 97
6.4.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 100
6.5 - Sem Peixe 102
6.5.1 - Pontos sem tratamento 104
6.5.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 104
6.5.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 108
6.6 - São José do Goiabal 111
6.6.1 - Pontos sem tratamento 113
6.6.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 113
6.6.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 118
6.7 - São Pedro dos Ferros 120
6.7.1 - Pontos sem tratamento 122
6.7.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 122
6.7.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 125
6.8 - Caratinga 127
6.8.1 - Pontos sem tratamento 129
6.8.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 129
6.8.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 137
6.9 - Santana do Paraíso 140
6.9.1 - Pontos sem tratamento 142
6.9.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 142
6.9.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 146
6.9.2 - Pontos com tratamento 148
6.9.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 148
6.9.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 150
6.10 -Bugre 153
6.10.1 - Pontos sem tratamento 155
6.10.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 155
6.10.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 157
6.11 -Belo Oriente 160
6.11.1 - Pontos sem tratamento 162

6.11.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 162
6.11.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 168
6.11.2 - Pontos com tratamento 172
6.11.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 172
6.11.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 175
6.12 -Fernandes Tourinho 177
6.12.1 - Pontos sem tratamento 179
6.12.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 179
6.12.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 182
6.13 -Periquito 184
6.13.1 - Pontos sem tratamento 186
6.13.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 186
6.13.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 193
6.13.2 - Pontos com tratamento 197
6.13.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 197
6.13.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 200
6.14 -Alpercata 202
6.14.1 - Pontos com tratamento 204
6.14.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 204
6.14.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 207
6.15 -Governador Valadares 210
6.15.1 - Pontos sem tratamento 212
6.15.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 212
6.15.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 217
6.15.2 - Pontos com tratamento 220
6.15.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 220
6.15.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 228
6.16 -Tumiritinga 232
6.16.1 - Pontos sem tratamento 234
6.16.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 234
6.16.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 237
6.16.2 - Pontos com tratamento 239
6.16.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 239
6.16.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 243
6.17 -Galiléia 246

6.17.1 - Pontos sem tratamento 248
6.17.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 248
6.17.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 253
6.17.2 - Pontos com tratamento 255
6.17.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 255
6.17.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 258
6.18 -Resplendor 260
6.18.1 - Pontos com tratamento 262
6.18.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 262
6.18.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 265
6.19 -Itueta 268
6.19.1 - Pontos sem tratamento 270
6.19.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 270
6.19.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 272
6.19.2 - Pontos com tratamento 274
6.19.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 274
6.19.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 276
6.20 -Aimorés 279
6.20.1 - Pontos com tratamento 281
6.20.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 281
6.20.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 284
6.21 -Baixo Guandu 287
6.21.1 - Pontos sem tratamento 289
6.21.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 289
6.21.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 293
6.21.2 - Pontos com tratamento 295
6.21.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 295
6.21.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 299
6.22 -Colatina 302
6.22.1 - Pontos sem tratamento 304
6.22.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 304
6.22.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 307
6.22.2 - Pontos com tratamento 309
6.22.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 309
6.22.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 317

6.23 -Marilândia 321
6.23.1 - Pontos sem tratamento 323
6.23.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 323
6.23.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 328
6.23.2 - Pontos com tratamento 332
6.23.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 332
6.23.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 334
6.24 -Linhares 337
6.24.1 - Pontos sem tratamento 340
6.24.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 340
6.24.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 359
6.24.2 - Pontos com tratamento 366
6.24.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 366
6.24.2.2 - Avaliação temporal e sazonal 372
6.25 -Aracruz 375
6.25.1 - Pontos com tratamento 377
6.25.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 377
6.25.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 381
6.26 -São Mateus 384
6.26.1 - Pontos sem tratamento 386
6.26.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes 386
6.26.1.2 - Avaliação temporal e sazonal 388
7 - Potenciais Efeitos à Saúde Humana 391
8 - Considerações Finais 408
9 - Referências Bibliográficas 411

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1 - Equipe Técnica envolvida na elaboração do relatório. No Anexo 3 encontra-se a ART do responsável técnico. 7

Tabela 5-1- Resumo de todos os pontos monitorados no PMQACH, no período de julho/2022 a julho/2023. 14

LISTA DE QUADROS

Quadro 5-1 - Resumo dos parâmetros e frequência de amostragem dos pontos de coleta do PMQACH desde o início do monitoramento. 20

Quadro 5-2 – Interpretação dos resultados frente a legislação aplicável, conforme origem e destinação das águas dos pontos de coleta do PMQACH, desde o início do monitoramento. 22

Quadro 5-3 - Laboratórios contratados e subcontratados para a coleta e análise das amostras, com os respectivos certificados de acreditação. 23

Quadro 5-4 - Parâmetros químicos monitorados, unidades e medida, limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) do método e a metodologia de análise empregadas pelo laboratório Tommasi no último ano (julho/2022 a julho/2023). 28

Quadro 6-1 - Características dos pontos do município de Mariana considerados no presente relatório. 45

Quadro 6-2 - Características dos pontos do município de Barra Longa considerados no presente relatório. 63

Quadro 6-3 - Características dos pontos do município de Rio Doce considerados no presente relatório. 84

Quadro 6-4 - Características dos pontos do município de Santa Cruz do Escalvado considerados no presente relatório. 95

Quadro 6-5 - Características do ponto do município de Sem Peixe considerado no presente relatório. 102

Quadro 6-6 - Características dos pontos do município de São José do Goiabal considerados no presente relatório. 111

Quadro 6-7 - Características do ponto do município de São Pedro dos Ferros considerado no presente relatório. 120

Quadro 6-8 - Características do ponto do município de Caratinga considerado no presente relatório. 127

Quadro 6-9 - Características do ponto do município de Santana do Paraíso considerado no presente relatório. 140

Quadro 6-10 - Características do ponto do município de Bugre considerado no presente relatório. 153

Quadro 6-11 - Características dos pontos do município de Belo Oriente considerados no presente relatório. 160

Quadro 6-12 - Características dos pontos do município de Fernandes Tourinho considerados no presente relatório. 177

Quadro 6-13 - Características do ponto do município de Periquito considerado no presente relatório. 184

Quadro 6-14 - Características do ponto do município de Alpercata considerado no presente relatório. 202

Quadro 6-15 - Características dos pontos do município de Governador Valadares considerados no presente relatório. 210

Quadro 6-16 – Características dos pontos do município de Tumiritinga considerados no presente relatório. 232

Quadro 6-17 - Características dos pontos do município de Galiléia considerados no presente relatório. 246

Quadro 6-18 - Características dos pontos do município de Resplendor considerados no presente relatório. 260

Quadro 6-19 - Características do ponto do município de Itueta considerado no presente relatório. 268

Quadro 6-20 - Características dos pontos do município de Aimorés considerados no presente relatório. 279

Quadro 6-21 - Características dos pontos do município de Baixo Guandu considerados no presente relatório. 287

Quadro 6-22 - Características dos pontos do município de Colatina considerados no presente relatório. 302

Quadro 6-23 - Características dos pontos do município de Marilândia considerados no presente relatório. 321

Quadro 6-24 - Características dos pontos do município de Linhares considerados no presente relatório. 337

Quadro 6-25 - Características dos pontos do município de Aracruz considerados no presente relatório. 375

Quadro 6-26 - Características do ponto do município de São Mateus considerado no presente relatório. 384

Quadro 7-1 – Principais grupos de alterações observadas na água para consumo. 391

Quadro 7-2 – Síntese dos efeitos potenciais para a saúde humana dos parâmetros que apresentaram violação no PMQACH. 394

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1 - Principais etapas da implementação e desenvolvimento do PMQACH. 11

Figura 5-1- Painel de fotos exemplificando a coleta manual em diversos pontos do PMQACH..... 25

Figura 5-2 - Modelo de ficha de campo utilizada pelo laboratório Tommasi. 27

Figura 5-3 - Modelo de laudo analítico utilizado pelo laboratório Tommasi. 31

Figura 6-1 - Exemplo genérico das figuras utilizadas para representação gráfica das avaliações estatísticas. 38

Figura 6-2 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na captação superficial dos pontos amostrais do PMQACH no período de setembro/2018 a julho/2023. 40

Figura 6-3 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na captação subterrânea dos pontos amostrais do PMQACH no período de setembro/2018 a julho/2023. 41

Figura 6-4 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na saída dos pontos amostrais com tratamento do PMQACH no período de setembro/2018 a julho/2023. 43

Figura 6-5 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na saída dos pontos amostrais sem tratamento do PMQACH no período de setembro/2018 a julho/2023. 44

Figura 6-6 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Mariana-MG. 46

Figura 6-7 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Mariana no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 49

Figura 6-8 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 219, localizado no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 50

Figura 6-9 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 220, PMQACH 222, PMQACH 223, PMQACH 224, localizados no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 52

Figura 6-10 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 227, PMQACH 235 e PMQACH 242, localizados no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 54

Figura 6-11 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 230, e PMQACH 238, localizados município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 56

Figura 6-12 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 231 e PMQACH 423, localizados município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 57

Figura 6-13 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 246 e PMQACH 417 localizados no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 59

Figura 6-14 - Série histórica dos resultados qualitativos da presença de coliformes totais e *E. coli* na saída de pontos sem tratamento, no município de Mariana. 60

Figura 6-15 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 61

Figura 6-16 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 62

Figura 6-17 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Barra Longa-MG. 64

Figura 6-18 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Barra Longa-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 66

Figura 6-19 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 41, PMQACH 43, PMQACH 44 e PMQACH 46 localizados no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 67

Figura 6-20 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 48, PMQACH 53, PMQACH 402 e PMQACH 408 localizados no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 69

Figura 6-21 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 410, PMQACH 411, PMQACH 412 e PMQACH 413 localizados no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 71

Figura 6-22 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Barra Longa-MG. 72

Figura 6-23 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 73

Figura 6-24 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 75

Figura 6-25 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento no município de Barra Longa-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 77

Figura 6-26 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 36 localizado no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 78

Figura 6-27 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 37 e PMQACH 39 localizados no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 80

Figura 6-28 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* dos pontos com tratamento localizados no município de Barra Longa-MG, e sua variação entre período chuvoso e seco. 81

Figura 6-29 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 82

Figura 6-30 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 83

Figura 6-31 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Rio Doce - MG. 85

Figura 6-32 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento no município de Rio Doce - MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 87

Figura 6-33 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 309 e PMQACH 312 localizados no município de Rio Doce - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 88

Figura 6-34 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 310 localizado no município de Rio Doce - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 89

Figura 6-35 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 313 e PMQACH 314 localizados no município de Rio Doce - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 90

Figura 6-36 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* dos pontos sem tratamento localizados no município de Rio Doce - MG, e sua variação entre período chuvoso e seco. 92

Figura 6-37 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 93

Figura 6-38 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 94

Figura 6-39 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Santa Cruz do Escalvado-MG. 96

Figura 6-40 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento no município de Santa Cruz do Escalvado- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 98

Figura 6-41 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 316 e PMQACH 317 no município de Santa Cruz do Escalvado-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 99

Figura 6-42 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Santa Cruz do Escalvado-MG. 100

Figura 6-43 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 101

Figura 6-44 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 101

Figura 6-45 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Sem Peixe - MG. 103

Figura 6-46 – Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto sem tratamento do município de Sem Peixe-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 105

Figura 6-47 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 337, PMQACH 339, PMQACH 342 e PMQACH 343 localizados no município de Sem Peixe-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 107

Figura 6-48 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 344 localizados no município de Sem Peixe-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 108

Figura 6-49 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de Sem Peixe -MG. 109

Figura 6-50 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 110

Figura 6-51 - Localização geográfica dos pontos monitorados em São José do Goiabal-MG. 112

Figura 6-52 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de São José do Goiabal- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 114

Figura 6-53 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 326, localizado no município de São José do Goiabal-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis..... 115

Figura 6-54 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 328 e PMQACH 329 localizados no município de São José do Goiabal-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis..... 117

Figura 6-55 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento localizados no município de Santa Cruz do Escalvado. 118

Figura 6-56 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 119

Figura 6-57 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 119

Figura 6-58 - Localização geográfica dos pontos monitorados em São Pedro dos Ferros - MG. 121

Figura 6-59 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto sem tratamento do município de São Pedro dos Ferros-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis. 123

Figura 6-60 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 332, PMQACH 333 e PMQACH 335 localizados no município de São Pedro dos Ferros-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis..... 124

Figura 6-61 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* dos pontos sem tratamento, localizados no município de São Pedro dos Ferros-MG, e sua variação entre período chuvoso e seco. 125

Figura 6-62 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 126

Figura 6-63 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Caratinga-MG..... 128

Figura 6-64 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Caratinga-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 130

Figura 6-65 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 87, PMQACH 88, PMQACH 89 e PMQACH 90, localizado no município de Caratinga-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis..... 132

Figura 6-66 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 92, PMQACH 93, PMQACH 95 e PMQACH 96, localizado no município de Caratinga-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis..... 134

Figura 6-67 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 97, PMQACH 99, e PMQACH 101, localizado no município de Caratinga-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 136

Figura 6-68 - Série histórica dos resultados qualitativos da presença de coliformes totais e *E. coli* e percentuais de violação em captação subterrânea, no município de Caratinga. 137

Figura 6-69 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 138

Figura 6-70 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 139

Figura 6-71 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Santana do Paraíso-MG. 141

Figura 6-72 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Santana do Paraíso- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 143

Figura 6-73 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 320, PMQACH 324, PMQACH 325 e PMQACH 406 localizados no município de Santana do Paraíso-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 145

Figura 6-74 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* dos pontos sem tratamento localizados no município de Santana do Paraíso-MG, e sua variação entre período chuvoso e seco. 146

Figura 6-75 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 147

Figura 6-76 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 148

Figura 6-77 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento no município de Santana do Paraíso-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 149

Figura 6-78 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 319 localizado no município de Santana do Paraíso-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 150

Figura 6-79 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento localizados no município de Santana do Paraíso-MG. 151

Figura 6-80 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 152

Figura 6-81 - Localização geográfica do ponto monitorados em Bugre-MG. 154

Figura 6-82 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Bugre-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 156

Figura 6-83 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 414, localizado no município de Bugre-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 157

Figura 6-84 - Série histórica dos resultados qualitativos da presença de coliformes totais e *E. coli* e percentuais de violação em captação subterrânea, no município de Bugre. 158

Figura 6-85 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 158

Figura 6-86 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 159

Figura 6-87 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Belo Oriente - MG. 161

Figura 6-88 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados sem tratamento no município de Belo Oriente- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 163

Figura 6-89 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 56, PMQACH 63, PMQACH 68 e PMQACH 69 localizados no município de Belo Oriente - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 165

Figura 6-90 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 70, PMQACH 71, PMQACH 72 e PMQACH 418 localizados no município de Belo Oriente - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 166

Figura 6-91 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 419, PMQACH 420, PMQACH 421 localizados no município de Belo Oriente - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 167

Figura 6-92 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Belo Oriente - MG. 168

Figura 6-93 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 170

Figura 6-94 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 171

Figura 6-95 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados com tratamento no município de Belo Oriente- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 173

Figura 6-96 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 76 localizado no município de Belo Oriente - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 174

Figura 6-97 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída do ponto com tratamento localizados no município de Belo Oriente - MG, e sua variação entre período chuvoso e seco. 175

Figura 6-98 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 176

Figura 6-99 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 176

Figura 6-100 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Fernandes Tourinho-MG. 178

Figura 6-101 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Fernandes Tourinho- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 180

Figura 6-102 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 119, PMQACH 120 e PMQACH 415 localizados no município de Fernandes Tourinho-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis. 181

Figura 6-103 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Fernandes Tourinho-MG. 182

Figura 6-104 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 183

Figura 6-105 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 183

Figura 6-106 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Periquito-MG. 185

Figura 6-107 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Periquito-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 187

Figura 6-108 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 273, PMQACH 277, PMQACH 278 e PMQACH 281 localizados no município de Periquito-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis 189

Figura 6-109 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 283, PMQACH 287, PMQACH 288 e PMQACH 290 localizados no município de Periquito-MG entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis 191

Figura 6-110 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 288, PMQACH 290, PMQACH 291 e PMQACH 292 localizados no município de Periquito-MG entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis 192

Figura 6-111 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Periquito- MG. 193

Figura 6-112 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 194

Figura 6-113 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 196

Figura 6-114 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento de água no município de Periquito-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis 198

Figura 6-115 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 297 localizado no município de Periquito-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 199

Figura 6-116 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída do ponto com tratamento localizados no município de Periquito- MG 200

Figura 6-117 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 201

Figura 6-118 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 201

Figura 6-119 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Alpercata-MG 203

Figura 6-120 - Percentual total de violação no município de Alpercata-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 205

Figura 6-121 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 02 localizado no município de Alpercata-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 206

Figura 6-122 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* e percentuais de violação na saída do ponto com tratamento, PMQACH 02, localizado no município de Alpercata. 207

Figura 6-123 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 208

Figura 6-124 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 209

Figura 6-125 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Governador Valadares-MG. 211

Figura 6-126 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Governador Valadares-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 213

Figura 6-127 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 146, PMQACH 148, PMQACH 149 e PMQACH 150 localizados no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 215

Figura 6-128 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 151, PMQACH 153 e PMQACH 155 localizados no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 216

Figura 6-129 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Governador Valadares- MG. 217

Figura 6-130 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 218

Figura 6-131 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 219

Figura 6-132 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento no município de Governador Valadares-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 221

Figura 6-133 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 140 e PMQACH 142 localizados no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 223

Figura 6-134 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 156 localizado no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 224

Figura 6-135 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 134 e PMQACH 135 localizados no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 226

Figura 6-136 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 136 e PMQACH 137 localizados no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 227

Figura 6-137 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 138 localizado no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis..... 228

Figura 6-138 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento localizados no município de Governador Valadares- MG. 229

Figura 6-139 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 230

Figura 6-140 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 231

Figura 6-141 – Localização geográfica dos pontos monitorados em Tumiritinga-MG..... 233

Figura 6-142 – Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Tumiritinga-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 235

Figura 6-143 – Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 357 localizado no município de Tumiritinga-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis..... 236

Figura 6-144 – Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* dos pontos sem tratamento localizados no município de Tumiritinga- MG, e sua variação entre período chuvoso e seco. 237

Figura 6-145 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 238

Figura 6-146 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 238

Figura 6-147 – Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento no município de Tumiritinga-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 240

Figura 6-148 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 350, PMQACH 351 localizados no município de Tumiritinga-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 242

Figura 6-149 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento localizados no município de Tumiritinga- MG..... 243

Figura 6-150 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 244

Figura 6-151 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 245

Figura 6-152 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Galiléia-MG. 247

Figura 6-153 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto sem tratamento do município de Galiléia-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis. 249

Figura 6-154 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 128, PMQACH 130, PMQACH 132 e PMQACH 133 localizados no município de Galiléia-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites legais. 251

Figura 6-155 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 424 e PMQACH 425 localizados no município de Galiléia-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites legais. 252

Figura 6-156 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de Galiléia-MG, e sua variação entre período chuvoso e seco. 253

Figura 6-157 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 254

Figura 6-158 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 255

Figura 6-159 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento do município de Galiléia-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 256

Figura 6-160 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 121, localizado no município de Galiléia-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 257

Figura 6-161 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento, localizados no município de Galiléia-MG, e sua variação entre período chuvoso e seco. 258

Figura 6-162 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 259

Figura 6-163 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 259

Figura 6-164 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Resplendor-MG. 261

Figura 6-165 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento do município de Resplendor-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 263

Figura 6-166 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 303 e PMQACH 429, localizados no município de Resplendor-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 264

Figura 6-167 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento, localizados no município de Resplendor-MG. 265

Figura 6-168 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 266

Figura 6-169 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 267

Figura 6-170 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Itueta-MG. 269

Figura 6-171 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Itueta-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 271

Figura 6-172 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 159, localizado no município de Itueta-MG, entre setembro/2018 e julho/202 com base nos limites aplicáveis. 272

Figura 6-173 - Série histórica dos resultados qualitativos da presença de coliformes totais e *E. coli* e percentuais de violação em captação subterrânea, no município de Itueta. 273

Figura 6-174 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 273

Figura 6-175 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Itueta-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis. 275

Figura 6-176 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 158, localizado no município de Itueta-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 276

Figura 6-177 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída do ponto PMQACH 158, localizado no município de Itueta. 277

Figura 6-178 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 278

Figura 6-179 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 278

Figura 6-180 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Aimorés-MG. 280

Figura 6-181- Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento do município de Aimorés-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 282

Figura 6-182 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 416 e PMQACH 01 localizados no município de Aimorés-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 283

Figura 6-183 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída do ponto com tratamento localizado no município de Aimorés- MG. 284

Figura 6-184 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 285

Figura 6-185 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 286

Figura 6-186 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Baixo Guandu-ES. 288

Figura 6-187 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Baixo Guandu-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 290

Figura 6-188 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 29, PMQACH 31, PMQACH 32 e PMQACH 33, localizados no município de Baixo Guandu-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 292

Figura 6-189 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída de pontos sem tratamento, localizados no município de Baixo Guandu. 293

Figura 6-190 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 294

Figura 6-191 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 294

Figura 6-192 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Baixo Guandu-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis. 296

Figura 6-193 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 34 e PMQACH 35, localizados no município de Baixo Guandu-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 298

Figura 6-194 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento, PMQACH 34 e PMQACH 35, localizados no município de Baixo Guandu. 299

Figura 6-195 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 300

Figura 6-196 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 301

Figura 6-197 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Colatina-ES. 303

Figura 6-198 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Colatina-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 305

Figura 6-199 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 398 localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 306

Figura 6-200 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de Colatina. 307

Figura 6-201 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 308

Figura 6-202 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 308

Figura 6-203 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Colatina-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis. 310

Figura 6-204 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 103 e PMQACH 107 localizados no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 312

Figura 6-205 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 108 e PMQACH 109 localizados no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 314

Figura 6-206 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 110 e PMQACH 111 localizados no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 316

Figura 6-207 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli,* em pontos sem tratamento, localizados no município de Colatina. 317

Figura 6-208 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 319

Figura 6-209 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 320

Figura 6-210 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Marilândia-ES. 322

Figura 6-211 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Marilândia-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 324

Figura 6-212 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 255, PMQACH 257, PMQACH 263 e PMQACH 399 localizados no município de Marilândia-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 326

Figura 6-213 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 252 e PMQACH 260, localizados no município de Marilândia-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 327

Figura 6-214 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* avaliados na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de Marilândia-ES. 329

Figura 6-215 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 330

Figura 6-216 - Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 331

Figura 6-217 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento do município de Marilândia-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 333

Figura 6-218 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 253 localizado no município de Marilândia-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 334

Figura 6-219 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída do ponto com tratamento, localizado no município de Marilândia-ES. 335

Figura 6-220 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 335

Figura 6-221 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 336

Figura 6-222 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Linhares-ES. 339

Figura 6-223 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Linhares-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 341

Figura 6-224 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 173, PMQACH 174, PMQACH 178 e PMQACH 179, localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 344

Figura 6-225 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 181, PMQACH 183, PMQACH 186 e PMQCH 188 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 346

Figura 6-226 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 189, PMQACH 190, PMQACH 191 e PMQACH 192 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 348

Figura 6-227 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 193, PMQACH 196, PMQACH 197 e PMQACH 198 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 350

Figura 6-228 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 199, PMQACH 200, PMQACH 201 e PMQACH 202 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 352

Figura 6-229 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 203, PMQACH 204, PMQACH 205 e PMQACH 206 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 354

Figura 6-230 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 207, PMQACH 208, PMQACH 209 e PMQACH 211 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 356

Figura 6-231 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 212 localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 357

Figura 6-232 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 403, PMQACH 426, PMQACH 427 e PMQACH 428 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 358

Figura 6-233 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de Linhares-ES. 359

Figura 6-234 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 361

Figura 6-235 – (continuação) - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 362

Figura 6-236 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 364

Figura 6-237 – (continuação) Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 365

Figura 6-238 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Linhares-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 367

Figura 6-239 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 163 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 368

Figura 6-240 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 164 localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 369

Figura 6-241 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 184 e PMQACH 185 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 371

Figura 6-242 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento, localizados no município de Linhares-ES. 372

Figura 6-243 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 373

Figura 6-244 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 374

Figura 6-245 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Aracruz-ES. 376

Figura 6-246 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados em pontos com tratamento no município de Aracruz-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 378

Figura 6-247 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 03 e PMQACH 04, localizados no município de Aracruz-ES, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis 380

Figura 6-248 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento, localizados no município de Aracruz. 381

Figura 6-249 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 382

Figura 6-250 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 383

Figura 6-251 - Localização geográfica dos pontos monitorados em São Mateus-ES. 385

Figura 6-252 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de São Mateus-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 387

Figura 6-253 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 330 localizados no município de São Mateus-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis. 388

Figura 6-254 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de São Mateus-ES. 389

Figura 6-255 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 389

Figura 6-256 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023. 390

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Banco de dados PMQACH
Anexo 2 Percentual de violações legais por município
Anexo 3 ART responsável técnico

GLOSSÁRIO

Ácidos haloacéticos: Grupos de químicos que são formados como subprodutos da cloração; são derivados do ácido acético, onde os hidrogênios do grupo metilo podem ser substituídos por cloro e/ou bromo.

Adsorção: Processo no qual moléculas, átomos ou íons são aderidos à superfície de uma substância sólida.

Anomalia: Característica ou condição de um determinado corpo, produto ou matéria que é fora do comum.

Aquífero: Reservatório subterrâneo de água que possui permeabilidade suficiente para movimentação da mesma, geralmente, abastecendo rios e poços artesianos.

Bactérias heterotróficas: Microrganismos que utilizam o carbono orgânico como fonte de nutrientes.

CIF: Comitê Interfederativo; foi criado após o rompimento da barragem de Fundão.

Cloração: Processo do tratamento de água onde ocorre a adição de Cloro (Cl_2) a fim de anular a atuação de microrganismos considerados patógenos, como algas e bactérias.

Coagulantes: Produtos químicos que possibilitam a retirada de partículas sólidas da água que, por possuírem propriedades elétricas intrínsecas, criam uma força de repulsão que impede a aglomeração e sedimentação.

Coliformes totais: Grupo de bactérias que podem ser aeróbicas ou anaeróbicas e apresentam capacidade de fermentar a lactose, com produção de ácido e gás a 35 °C.

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Contaminação microbiológica: Presença de microrganismos em determinada substância.

Corpo hídrico: Expressão utilizada para denominar fluxos naturais de água encontrados dentro de uma bacia hidrográfica, tais quais rios e córregos.

Correlação: Semelhança ou relação entre duas ou mais variáveis.

Decantação: Processo de separação de compostos por meio da diferença de densidade entre os mesmos, usualmente encontrada em misturas líquido-sólido e líquido-líquido.

Degradada: Condição atual de uma área, objeto ou matéria, após sofrer impactos negativos da ação, principalmente, de agentes externos, reduzindo a qualidade e/ou quantidade da condição natural.

Desinfecção: Processo que visa remoção ou eliminação de microrganismos.

Efluente: resíduos oriundos de esgotos domésticos, redes pluviais e indústrias que são despejados no meio ambiente em forma de líquidos ou gases.

Escherichia coli: Bactéria geralmente encontrada no trato gastrointestinal de organismos de sangue quente.

Estação de tratamento de água: também abreviado como ETA, trata-se do local em que é realizada a purificação da água captada de alguma fonte para torná-la própria para o consumo e abastecimento de uma população.

Filtração: Método de separação de partículas sólidas de outros compostos em estado líquido ou gasoso por meio um equipamento/ferramenta (filtros) que retém as partículas sólidas.

Fossa séptica: Utilizada como primeira etapa para tratamento de esgotos (efluentes) que consiste em uma unidade de fluxo horizontal que trata de maneira preliminar o efluente por meio da sedimentação, flotação e digestão.

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

Limnológico: Característica referente às condições físico-químicas e biológicas dos corpos d'água da região continental e a dinâmica dos mesmos.

Lixiviação: Processo de dissolução e remoção dos constituintes e nutrientes de rochas e de solos ocasionado, preponderantemente, pelas chuvas.

Matéria orgânica: Substâncias derivadas de restos vegetais e animais que integram o solo.

Patógenos: Organismos que, devido às suas características, são capazes de causar alguma doença em um hospedeiro.

Períodos hidrológicos: Refere-se aos regimes de seca e chuva de uma determinada região.

Pluviosidade: Volume de chuva que incide em uma determinada região/área.

Ponto de captação: Local de onde é recolhido algo, neste caso, a água.

Potabilidade: Qualidade daquilo que é potável; a água potável, por exemplo, apresenta condições adequadas para o consumo humano.

Precipitação: Fenômeno natural que denomina qualquer líquido que se forma na atmosfera e que incide sobre a terra, geralmente faz menção ao ato de chover.

Rejeito: Resíduos sólidos que, esgotadas todas as possibilidades de reaproveitamento, tratamento e recuperação por processos economicamente viáveis e tecnologias disponíveis, precisam ser dispostos em locais ambientalmente adequados.

Ressuspensão: Processo pela qual substâncias sólidas retornam ao meio líquido.

Sistema de abastecimento de água (SAA): instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável para consumo humano, por meio de rede de distribuição.

Solução Alternativa Coletiva (SAC): modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável para consumo humano, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição.

Solução Alternativa Individual (SAI): modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares.

Sazonalidade: Referente ao que é típico de uma estação ou época.

Subterrânea: Matéria que se localiza de baixo do solo.

Superficial: Matéria que se localiza na superfície do solo.

Surfactantes: Substâncias que apresentam em sua composição uma porção polar e outra apolar, possibilitando sua interação/adesão com qualquer outra substância.

Taxa de esgotamento sanitário: Refere-se ao percentual de rede coletora de esgoto.

Tratamento convencional: Tratamento de esgoto que possui os seguintes processos sequenciais: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção da acidez.

Trihalometanos totais: Compostos químicos formados como subprodutos da cloração; são derivados do metano, onde os hidrogênios foram substituídos por cloro, bromo ou iodo.

TTAC: Termo de Transação e Ajustamento de Conduta.

VMP: Valor Máximo Permitido.

1 - APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta os resultados obtidos no monitoramento realizado no âmbito do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano – PMQACH, no período de setembro de 2018 a julho de 2023, sendo enfoque das discussões e análises o último ano de amostragem (julho de 2022 a julho de 2023).

É importante orientar o leitor que, no mês de março de 2020, houve interrupção do monitoramento em decorrência da pandemia do novo coronavírus (COVID-19), motivo pelo qual não foram realizadas as campanhas de março a junho de 2020. No final do mês de junho de 2020 as campanhas de monitoramento foram retomadas, mas restritas a pontos previamente selecionados pela CT-Saúde considerando o fornecimento de água coletivo e a localização em áreas públicas, visando evitar o contato dos técnicos do laboratório com os moradores (CT-Saúde/CIF nº30/2020). Em janeiro de 2022, com a implementação das orientações da 1ª Revisão bianual ao monitoramento, as amostragens foram normalizadas em todos os pontos previstos.

Dessa forma, no presente relatório constam os resultados obtidos em 183 pontos, distribuídos em 26 municípios, juntamente com o histórico destes pontos. A estrutura deste documento seguiu as orientações constantes na Nota Técnica (NT) CT-SAÚDE nº 54/2021, que define, entre outras coisas, a elaboração de relatórios anuais do PMQACH.

Seguindo orientações da NT CT-SAÚDE nº 54/2021, o relatório foi estruturado da seguinte forma: 1) Apresentação; 2) Equipe Técnica; 3) Introdução; 4) Objetivos; 5) Metodologia; 6) Resultados; 7) Potenciais Efeitos à Saúde Humana; 8) Conclusões; e 9) Referências Bibliográficas. Visando oferecer uma síntese do diagnóstico e da evolução temporal e sazonal da qualidade da água para o consumo humano na bacia do rio Doce, o item 6.1 Resultados avaliou: 1) a conformidade com a legislação das concentrações dos parâmetros observando-se os anos de 2018/2019, 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023, a partir dos percentuais de violações calculados; e 2) avaliação temporal (ao longo do período

monitorado) e sazonal (período chuvoso e seco) dos parâmetros mais relevantes. A avaliação da conformidade com a legislação da água utilizada para abastecimento foi feita com base no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – PRC nº 5/2017, de 28 de setembro de 2017 e Portaria GM/MS nº 888, de maio de 2021 (a partir de novembro/2021). A água bruta monitorada na captação de pontos com tratamento foi feita com base nas Resoluções CONAMA Nº 357/2005 (para águas superficiais) e Nº 396/2008 (para águas subterrâneas), para os quais foram utilizados como referência os valores regulamentadores para Classe II Água Doce e Uso Preponderante da Água para Consumo Humano considerando-se as especificidades de cada ponto de monitoramento.

2 - EQUIPE TÉCNICA

Tabela 2-1 - Equipe Técnica envolvida na elaboração do relatório. No Anexo 3 encontra-se a ART do responsável técnico.

PROFISSIONAL DA WSP	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO GERAL/ CTF IBAMA
Déborah Regina de Oliveira e Silva	Bióloga, mestre e doutora em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre (UFMG)	Coordenação	CRBio 87804/04 CTF 5810376
Maria Isabel de Almeida Rocha	Bióloga (UNIRIO), mestre e doutora em Biofísica (UFRJ)	Análise dos dados e elaboração do relatório	CRBio 29943/02 CTF 7176839
Clarice Casa Nova dos Santos	Bióloga (UNIRIO), mestre em Ecologia (UFRJ) e doutora em Ecologia (UFRJ)	Análise dos dados e elaboração do Relatório	CRBio:126.349/02-D CTF: 5685234
Marina Vieira Xavier	Engenharia Química	Análise dos dados e elaboração do relatório	CREA-RJ 2023101531
Vanessa Souza Romão	Analista de sistemas	Editoração	IFP 104.169.94-1

3 - INTRODUÇÃO

Em 5 de novembro de 2015, uma barragem de rejeitos da mineradora Samarco (barragem de Fundão) rompeu liberando aproximadamente 43,7 milhões de metros cúbicos de rejeitos. Uma parte, aproximadamente 7 milhões de metros cúbicos, ficou retida dentro da própria área da mineradora. O restante desceu pelo córrego Santarém e seguiu pelos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce até o mar. No trajeto da onda, cerca de 20 milhões de metros cúbicos se espalharam por calhas, margens e planícies dos cursos d'água até a Usina Hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves, distante 113 km de Fundão. Calcula-se que 10 milhões de metros cúbicos tenham se depositado ao longo do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves. O restante, a parte mais fina do rejeito, passou por esta barragem. Como consequência, as alterações na qualidade da água causaram interrupção no fornecimento de água à população dos municípios e distritos onde os sistemas de abastecimento eram diretamente dependentes do rio Doce. Visando minimizar os impactos da interrupção parcial ou total dos sistemas de abastecimento foram adotadas diversas ações, dentre elas: a distribuição de água potável por caminhão pipa; distribuição de água mineral; adequações e melhorias nas estações de tratamento de água; distribuição de produtos químicos para melhorar a capacidade de tratamento; e apoio técnico aos responsáveis pelas operações das Estações de Tratamento de Água.

Neste contexto, a Fundação Renova desenvolveu o Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano (PMQACH) com base na Nota Técnica nº 10/2017, que descreveu as bases mínimas da CT-Saúde e nas Deliberações CIF nº 95, CIF nº 129, CIF nº 198, CIF nº 247, CIF nº 265, CIF nº 301 e CIF nº 513. Também são consideradas premissas as ações previstas do TTAC, tendo em vista os programas de cunho reparatório e compensatório, bem como relativas ao Programa de melhorias dos sistemas de abastecimento de água, no âmbito da cláusula 171 do TTAC.

O objetivo do plano de monitoramento da qualidade da água para consumo humano é contribuir na avaliação preventiva de riscos à saúde humana e verificação das melhorias dos sistemas de tratamento e abastecimento de água nos locais que possuem relação com o rompimento da barragem de Fundão e, quando detectadas anomalias, permitir o alerta à autoridade de saúde pública local, assim como a comunicação de riscos à população, prevenindo impactos à saúde humana.

3.1 - PMQACH

Por definição, o PMQACH é um Plano de monitoramento da qualidade da água para consumo humano, realizado nos sistemas de abastecimento de água, nas soluções alternativas coletivas e individuais, nos municípios impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, bem como em outras localidades e munícipios que foram especificados pela Câmara Técnica de Saúde.

Antes de implementação do PMQACH, o monitoramento da qualidade da água para o consumo humano teve seu início, de modo emergencial, em novembro de 2015, pela Samarco. Este foi posto em prática sem um plano estabelecido, com coletas e análises da água tratada pelas Estações de Tratamento de Água – ETAs que captavam água do rio Doce.

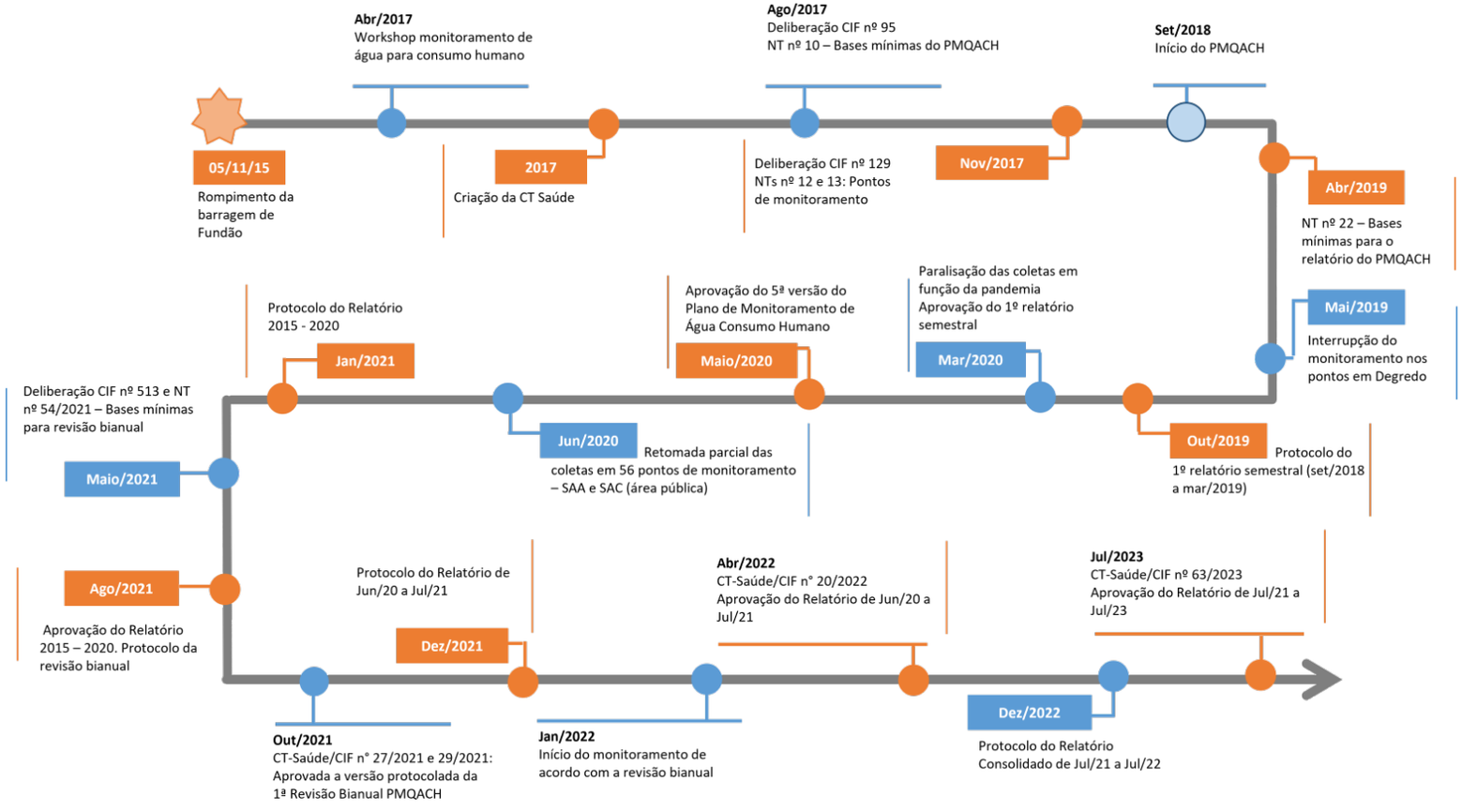
Em meados de 2017, após o 1º Workshop de Monitoramento de Qualidade de Água para Consumo Humano (abril/2017) e a criação da Câmara Técnica (CT) da Saúde, foram definidas as bases mínimas para implantação do PMQACH (Deliberação CIF nº 95, NT nº 10). Em setembro/2018, o monitoramento do PMQACH teve seu início, abrangendo um total de 30 municípios e 347 pontos de coleta. O monitoramento ocorreu de modo ininterrupto por 18 meses, até ser suspenso devido as restrições impostas pela pandemia do novo coronavírus (COVID-19), em março de 2020. Três meses mais tarde, em junho de 2020, em atendimento ao ofício CT-Saúde/CIF nº 30/2020, as amostragens foram retomadas parcialmente, ocorrendo apenas nos sistemas de abastecimento de água (SAA) e nas soluções alternativas coletivas (SAC) localizadas em áreas públicas e definidas pela CT Saúde.

Em relação a divulgação dos dados gerados no âmbito do PMQACH, em abril/2019, através da Nota Técnica (NT) nº 22, foi definido o formato de apresentação de relatórios técnicos. Em outubro deste mesmo ano foi protocolado o 1º Relatório Semestral, abrangendo o período de setembro/2018 a março/2019. Em seguida, em fevereiro de 2020, foi protocolado o Relatório Pré PMQACH, contendo as informações do monitoramento emergencial, com os resultados desde 2015. Em janeiro/2021, foi protocolado o 1º Relatório Consolidado, que cobriu o período de 2015 a 2020 do monitoramento do PMQACH, em dezembro/2021, foi protocolado o relatório anual consolidado contendo os resultados do período de junho/2020 a julho/2021, e em dezembro/2022, foi protocolado o relatório anual consolidado do período de julho/2021 a julho/2022.

Outra etapa importante a ser destacada, diz respeito a revisão do programa de monitoramento do PMQACH prevista para acontecer a cada dois anos, conforme preveem as diretrizes constantes na NT nº 10 e Deliberação CIF nº 95 – Bases mínimas da CT-Saúde. Assim, em maio de 2021, foram definidas as bases mínimas para a revisão do PMQACH (Deliberação CIF nº 513 e NT nº 54), e em outubro/2021 foi aprovada a versão protocolada em setembro de 2021 da 1ª Revisão Bianual do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano, aprovada pelos Ofícios CT-Saúde/CIF n° 27/2021 e 29/2021. Em janeiro/2022 teve início o monitoramento do PMQACH já com as revisões, alterações e adequações descritas no documento de revisão bianual.

Todas as etapas acima descritas estão resumidas cronologicamente no fluxograma da **Figura 3-1**. As Notas Técnicas emitidas pela CT-Saúde, assim como Deliberações e Ofícios podem ser acessadas no portal: https://www.gov.br/ibama/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/cif/ct-saude.

Figura 3-1 - Principais etapas da implementação e desenvolvimento do PMQACH.



4 - OBJETIVO

O presente documento tem por objetivo a apresentação dos resultados obtidos no Plano Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano – PMQACH, do período de julho de 2022 a julho de 2023, além de trazer o histórico do programa de monitoramento desde seu início, em setembro de 2018.

Tem por objetivo específico: 1) avaliar a conformidade com a legislação das concentrações dos parâmetros a partir dos percentuais de violações calculados; e 2) avaliar padrões temporais e sazonais nas concentrações dos parâmetros mais.

5 - METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a área de estudo com os pontos amostrais do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano – PMQACH, realizado na bacia do rio Doce. Neste documento são apresentados apenas aqueles pontos cujo monitoramento no período de julho/2022 a julho/2023 encontravam-se ativos. Também são descritas as características da malha amostral, os parâmetros de qualidade de água monitorados, bem como as frequências de amostragem e os métodos de análise. Os procedimentos de coleta e análise seguiram as diretrizes do PMQACH. Além disso, são apresentados os métodos aplicados para o tratamento dos dados e apresentação dos resultados do período completo de monitoramento, desde setembro/2018, com enfoque no período anual de julho/2022 a julho/2023.

5.1 - Apresentação da área de estudo

A bacia do rio Doce abrange uma área 84.000 km², sendo 86% dessa área no Estado de Minas Gerais e 14% no do Espírito Santo. Considera-se a nascente do rio Doce a partir do rio Xopotó, afluente do rio Piranga, de onde inicia sua extensão de 888 km até a foz, no município de Linhares/ES, onde deságua no oceano Atlântico. Sua denominação em rio Doce é dada a partir da confluência dos rios Piranga e do Carmo, na cidade de Rio Doce/MG (VIGLIO & CUNHA, 2016). Ainda na parte alta da bacia do rio Doce, existem diversas minas de exploração de ferro, manganês e ouro, principalmente na região do Quadrilátero Ferrífero, onde os rios Piranga e do Carmo funcionam como canais receptores de rejeitos e efluentes diversos (VIGLIO & CUNHA, 2016). Além da atividade mineradora, a região também é bastante impactada por diversas atividades antrópica. Dos 225 municípios que fazem parte da bacia, apenas 49 tratam parcialmente o esgoto antes do lançamento em um corpo hídrico, sendo que 29 o fazem em proporção acima de 50% (IGAM, 2010). Somado a isso, grande parte da região encontra-se desmatada, com cobertura original substituída por pastagens e plantações, e em muitas dessas a cobertura vegetal se encontra em condições degradadas.

5.2 - Malha amostral

No âmbito do PMQACH, considerando o período de julho/2022 a julho/2023, foi avaliada a qualidade da água para o consumo humano em 183 pontos de monitoramento distribuídos em 26 municípios da bacia do rio Doce.

Os pontos amostrais são classificados pelo município, por código, sendo a sigla PMQACH procedida de um número, pelo tipo de captação – superficial ou subterrânea, pela forma de abastecimento – Solução Alternativa Coletiva (SAC), Solução Alternativa Individual (SAI) ou Sistema de Abastecimento de Água (SAA), pelo tratamento – com e sem tratamento, e pelo tipo de coleta em relação ao sistema de abastecimento – captação, saída, pós-filtração. Cabe destacar que as amostras de pós-filtração deixaram de ser realizadas a partir de janeiro/2022, com a primeira revisão do PMQACH. Estas informações são apresentadas na **Tabela 5-1** para os 183 pontos de monitoramento.

Tabela 5-1- Resumo de todos os pontos monitorados no PMQACH, no período de julho/2022 a julho/2023.

Município	Código	Tipo	Tratamento	Forma
Aimorés	PMQACH 01	Superficial	Com tratamento	SAA
Aimorés	PMQACH 416	Superficial	Com tratamento	SAA
Alpercata	PMQACH 02	Superficial	Com tratamento	SAA
Aracruz	PMQACH 03	Superficial	Com tratamento	SAA
Aracruz	PMQACH 04	Superficial	Com tratamento	SAA
Baixo Guandu	PMQACH 32	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Baixo Guandu	PMQACH 31	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Baixo Guandu	PMQACH 35	Superficial	Com tratamento	SAA
Baixo Guandu	PMQACH 34	Superficial	Com tratamento	SAA
Barra Longa	PMQACH 36	Superficial	Com tratamento	SAA
Barra Longa	PMQACH 39	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Barra Longa	PMQACH 37	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Barra Longa	PMQACH 411	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Barra Longa	PMQACH 46	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Barra Longa	PMQACH 408	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Barra Longa	PMQACH 410	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Barra Longa	PMQACH 48	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Barra Longa	PMQACH 44	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Barra Longa	PMQACH 53	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Barra Longa	PMQACH 43	Subterrânea	Sem tratamento	SAI

Município	Código	Tipo	Tratamento	Forma
Barra Longa	PMQACH 412	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Barra Longa	PMQACH 413	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Barra Longa	PMQACH 41	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Barra Longa	PMQACH 402	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Belo Oriente	PMQACH 76	Superficial	Com tratamento	SAA
Belo Oriente	PMQACH 69	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Belo Oriente	PMQACH 70	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Belo Oriente	PMQACH 419	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Belo Oriente	PMQACH 72	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Belo Oriente	PMQACH 418	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Belo Oriente	PMQACH 420	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Belo Oriente	PMQACH 421	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Belo Oriente	PMQACH 68	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Belo Oriente	PMQACH 56	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Belo Oriente	PMQACH 71	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Belo Oriente	PMQACH 63	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Bugre	PMQACH 414	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Caratinga	PMQACH 87	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Caratinga	PMQACH 96	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Caratinga	PMQACH 97	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Caratinga	PMQACH 93	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Caratinga	PMQACH 88	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Caratinga	PMQACH 89	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Caratinga	PMQACH 90	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Caratinga	PMQACH 101	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Caratinga	PMQACH 99	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Caratinga	PMQACH 95	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Caratinga	PMQACH 92	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Colatina	PMQACH 107	Superficial	Com tratamento	SAA
Colatina	PMQACH 110	Superficial	Com tratamento	SAA
Colatina	PMQACH 108	Superficial	Com tratamento	SAA
Colatina	PMQACH 111	Superficial	Com tratamento	SAA
Colatina	PMQACH 109	Superficial	Com tratamento	SAA
Colatina	PMQACH 103	Superficial	Com tratamento	SAC
Colatina	PMQACH 398	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Fernandes Tourinho	PMQACH 415	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Fernandes Tourinho	PMQACH 120	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Fernandes Tourinho	PMQACH 119	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Galileia	PMQACH 121	Superficial	Com tratamento	SAA
Galileia	PMQACH 128	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Galileia	PMQACH 130	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Galileia	PMQACH 424	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Galileia	PMQACH 425	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Galileia	PMQACH 132	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Galileia	PMQACH 133	Subterrânea	Sem tratamento	SAI

Município	Código	Tipo	Tratamento	Forma
Governador Valadares	PMQACH 137	Superficial	Com tratamento	SAA
Governador Valadares	PMQACH 135	Superficial	Com tratamento	SAA
Governador Valadares	PMQACH 134	Superficial	Com tratamento	SAA
Governador Valadares	PMQACH 138	Superficial	Com tratamento	SAA
Governador Valadares	PMQACH 136	Superficial	Com tratamento	SAA
Governador Valadares	PMQACH 142	Subterrânea	Com tratamento	SAC
Governador Valadares	PMQACH 140	Subterrânea	Com tratamento	SAC
Governador Valadares	PMQACH 156	Subterrânea	Com tratamento	SAC
Governador Valadares	PMQACH 146	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Governador Valadares	PMQACH 148	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Governador Valadares	PMQACH 149	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Governador Valadares	PMQACH 150	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Governador Valadares	PMQACH 151	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Governador Valadares	PMQACH 153	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Governador Valadares	PMQACH 155	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Itueta	PMQACH 158	Superficial	Com tratamento	SAA
Itueta	PMQACH 159	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 164	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Linhares	PMQACH 185	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Linhares	PMQACH 184	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Linhares	PMQACH 163	Superficial	Com tratamento	SAA
Linhares	PMQACH 428	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 403	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 427	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 426	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 183	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 174	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 186	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 190	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 206	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 207	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 193	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 194	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Linhares	PMQACH 196	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 198	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 199	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 202	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 203	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 204	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 200	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 201	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 197	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 191	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 192	Subterrânea	Sem tratamento	SAI

Município	Código	Tipo	Tratamento	Forma
Linhares	PMQACH 181	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 205	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 178	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 179	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 208	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 209	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 211	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 212	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Linhares	PMQACH 214	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Linhares	PMQACH 173	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 188	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Linhares	PMQACH 189	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Mariana	PMQACH 238	Superficial	Sem tratamento	SAA
Mariana	PMQACH 230	Superficial	Sem tratamento	SAA
Mariana	PMQACH 417	Superficial	Sem tratamento	SAA
Mariana	PMQACH 246	Superficial	Sem tratamento	SAA
Mariana	PMQACH 423	Superficial	Sem tratamento	SAC
Mariana	PMQACH 220	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Mariana	PMQACH 223	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Mariana	PMQACH 222	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Mariana	PMQACH 227	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Mariana	PMQACH 235	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Mariana	PMQACH 242	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Mariana	PMQACH 219	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Mariana	PMQACH 224	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Mariana	PMQACH 231	Superficial	Sem tratamento	SAC
Marilândia	PMQACH 253	Superficial	Com tratamento	SAC
Marilândia	PMQACH 252	Superficial	Sem tratamento	SAC
Marilândia	PMQACH 263	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Marilândia	PMQACH 260	Superficial	Sem tratamento	SAI
Marilândia	PMQACH 399	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Marilândia	PMQACH 255	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Marilândia	PMQACH 257	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Periquito	PMQACH 297	Superficial	Com tratamento	SAA
Periquito	PMQACH 283	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Periquito	PMQACH 292	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Periquito	PMQACH 277	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Periquito	PMQACH 278	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Periquito	PMQACH 281	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Periquito	PMQACH 288	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Periquito	PMQACH 291	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Periquito	PMQACH 287	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Periquito	PMQACH 290	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Periquito	PMQACH 273	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Periquito	PMQACH 295	Subterrânea	Sem tratamento	SAI

Município	Código	Tipo	Tratamento	Forma
Resplendor	PMQACH 303	Mista	Com tratamento	SAA
Resplendor	PMQACH 429	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Rio Doce	PMQACH 314	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
Rio Doce	PMQACH 313	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
Rio Doce	PMQACH 309	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Rio Doce	PMQACH 310	Superficial	Sem tratamento	SAI
Rio Doce	PMQACH 312	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Santa Cruz do Escalvado	PMQACH 317	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
Santa Cruz do Escalvado	PMQACH 316	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
Santana do Paraíso	PMQACH 319	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Santana do Paraíso	PMQACH 324	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Santana do Paraíso	PMQACH 320	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Santana do Paraíso	PMQACH 406	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Santana do Paraíso	PMQACH 325	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Sao Jose do Goiabal	PMQACH 328	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
Sao Jose do Goiabal	PMQACH 329	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
Sao Jose do Goiabal	PMQACH 326	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Sao Mateus	PMQACH 330	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
São Pedro dos Ferros	PMQACH 333	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
São Pedro dos Ferros	PMQACH 335	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
São Pedro dos Ferros	PMQACH 332	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Sem Peixe	PMQACH 337	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Sem Peixe	PMQACH 339	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Sem Peixe	PMQACH 342	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Sem Peixe	PMQACH 343	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Sem Peixe	PMQACH 344	Subterrânea	Sem tratamento	SAI
Tumiritinga	PMQACH 351	Superficial	Com tratamento	SAA
Tumiritinga	PMQACH 350	Superficial	Com tratamento	SAA
Tumiritinga	PMQACH 357	Subterrânea	Sem tratamento	SAI

A conformação de pontos apresentada na **Tabela 5-1**, está de acordo com o orientado na Nota Técnica CT-Saúde n° 54/2021, de 12/05/2021, que dispõe sobre a obrigatoriedade de se contemplar 24 campanhas de monitoramento da qualidade da água nos pontos descritos na 17ª revisão da planilha de pontos enviada pela CT-Saúde, inclusive nos outrora suspensos devido a pandemia da COVID-19.

5.3 - Parâmetros analisados e frequência de amostragem

No início do PMQACH, os parâmetros eram monitorados com frequência semanal para pontos com tratamento e mensal para pontos sem tratamento. Nos pontos com tratamento, as coletas semanais eram simplificadas, com análise de apenas 22 parâmetros, enquanto as coletas mensais eram completas, com análise de 78 parâmetros.

Após a primeira revisão bianual do PMQACH, a partir de janeiro/2022, os pontos com tratamento passaram a ter periodicidade mensal no período seco (abril a setembro) e quinzenal no chuvoso (outubro a março). Nos pontos sem tratamento, o monitoramento continua ocorrendo mensalmente.

Sobre os parâmetros monitorados, com a primeira revisão bianual, os orgânicos e os agrotóxicos foram retirados do monitoramento por terem apresentado resultados satisfatórios durante todo o período. A análise de cloro residual livre, ácidos haloacéticos total e trihalometanos total foram mantidas somente na saída dos pontos com tratamento. Os parâmetros alumínio, cobre e ferro dissolvidos passaram a ser analisados somente na captação de águas superficiais em sistema com tratamento. Ademais, foram incluídas análises das variáveis clorofila-a, cianobactérias e cianotoxinas, nos sistemas com tratamento na captação superficial, e na saída de sistemas sem tratamento, quando realizada captação superficial. Também foram incluídas análises de *Cryptosporidium ssp* e *Giargia ssp*, nos pontos com captação superficial quando a média geométrica anual de *E. coli* for maior ou igual a 1.000/100 mL. Como o presente relatório também aborda o período anterior a revisão bianual, iniciada em janeiro/2022, o **Quadro 5-1** traz um resumo dos parâmetros monitorados e da frequência de amostragem desde o início do PMQACH.

Quadro 5-1 - Resumo dos parâmetros e frequência de amostragem dos pontos de coleta do PMQACH desde o início do monitoramento.

Sistema	Ponto de coleta	Parâmetro	Frequência
1ª versão do PMQACH (antes da revisão do PMQACH)			
Com Tratamento	Captação e Saída	pH, microbiológico, parâmetros organolépticos e substâncias químicas que representam risco à saúde.	Semanal simplificada e mensal completa
Sem tratamento	Saída	pH, microbiológico, parâmetros organolépticos e substâncias químicas que representam risco à saúde.	Mensal
A partir da 1ª revisão do PMQACH, em janeiro/2022			
Com tratamento	Captação subterrânea	pH, microbiológico, parâmetros organolépticos e substâncias químicas que representam risco à saúde (exceto orgânicos)	Mensal - período seco e quinzenal - período chuvoso
	Captação superficial	pH, microbiológico, parâmetros organolépticos e substâncias químicas que representam risco à saúde (exceto orgânicos) Clorofila-a, cianobactérias, cianotoxinas Giardia spp e Cryptosporidium spp.	
	Saída do sistema de abastecimento e solução alternativa	pH, microbiológico, parâmetros organolépticos e substâncias químicas que representam risco à saúde (exceto orgânicos)	
Sem tratamento	Saída do sistema de abastecimento e solução alternativa	pH, microbiológico, parâmetros organolépticos e substâncias químicas que representam risco à saúde (exceto orgânicos)	Mensal
	Saída de solução alternativa, quando captação superficial	pH, microbiológico, parâmetros organolépticos e substâncias químicas que representam risco à saúde (exceto orgânicos) Clorofila-a, cianobactérias, cianotoxinas *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.	

5.4 - Legislação aplicável

A avaliação da qualidade da água em função da conformidade frente às legislações aplicáveis foi feita com base na origem e destinação final em relação ao seu uso. Assim, amostras de água coletadas nas saídas ou pós-filtração de pontos amostrais com tratamento, sejam eles superficiais ou subterrâneos, foram avaliadas segundo o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – PRC nº 5/2017, de 28 de setembro de 2017, uma vez que nestas situações a água já se destina ao consumo humano. Em maio/2021 foi publicada a Portaria GM/MS nº 888, que alterava o anexo XX da Portaria de Consolidação supracitada. Dessa forma, após período de adequações dos laboratórios e do programa, a partir de novembro/2021 teve início a aplicação dos parâmetros e VMP (valor máximo permitido) preconizados na Portaria GM/MS nº 888.

Nas captações de águas superficiais e subterrâneas (ou seja, água bruta) de pontos com tratamento, a avaliação da qualidade da água foi comparada com a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 para água doce classe 2 (águas superficiais) e Anexo I da Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008, conforme a categoria de uso preponderante para consumo humano (águas subterrâneas). A partir da primeira revisão bianual do PMQACH, as análises da captação foram adequadas e comparadas de acordo com os limites da Resoluções do Conama.

Considerando as amostras de água coletadas em sistemas sem tratamento, sejam elas superficiais ou subterrâneas, a avaliação foi feita frente aos Anexos 1, 9 e 11 e aos artigos nº 29 e 43 da Portaria GM/MS nº 888/2021, uma vez que, mesmo não havendo tratamento, as águas se destinam ao consumo humano.

Um resumo dessa conformação quanto a legislação aplicável encontra-se no **Quadro 5-2**.

Quadro 5-2 – Interpretação dos resultados frente a legislação aplicável, conforme origem e destinação das águas dos pontos de coleta do PMQACH, desde o início do monitoramento.

Existência de tratamento	Tipo de captação (origem da água)	Ponto avaliado	Resolução aplicada
1ª versão do PMQACH (antes da revisão do PMQACH)			
Com tratamento	Superficial	Captação	CONAMA n° 357/2005
		Pós-Filtração	Anexo XX da PRC n° 5/2017
		Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
	Subterrânea	Captação	CONAMA n° 396/2008
		Pós-Filtração	Anexo XX da PRC n° 5/2017
		Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
Sem tratamento	Superficial	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
	Subterrânea	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
A partir da 1ª revisão do PMQACH, em janeiro/2022			
Com tratamento	Superficial	Captação	CONAMA n° 357/2005
		Saída	Artigo n° 43, Portaria MS n° 888/2021
	Subterrânea	Captação	CONAMA n° 396/2008
		Saída	Artigo n° 43, Portaria MS n° 888/2021
Sem tratamento	Superficial	Saída	Artigo n° 43, Portaria MS n° 888/2021
	Subterrânea	Saída	Artigo n° 43, Portaria MS n° 888/2021

5.5 - Coleta e análise

5.5.1 - Acreditação dos laboratórios contratados e subcontratados pela NBR-ISO-17025

Os laboratórios contratados pela Fundação Renova para a coleta e análise das amostras possuem acreditação junto ao INMETRO, de acordo com a ABNT ISO/IEC 17025 para laboratórios de ensaio. Esta acreditação constitui a expressão formal do reconhecimento da competência de cada laboratório para realizar atividades de ensaios, conforme respectivo Escopo de Acreditação.

As razões sociais de cada laboratório, os códigos de acreditação e as datas do escopo estão resumidos no **Quadro 5-3**. Todos os certificados estão ativos no INMETRO**.** Foi verificado o escopo de acreditação NBR-ISO 17025:2017 dos laboratórios contratados e subcontratados, no que diz respeito as análises adotadas e os prazos das certificações.

Quadro 5-3 - Laboratórios contratados e subcontratados para a coleta e análise das amostras, com os respectivos certificados de acreditação.

Razão Social	Nome do Laboratório	Número Acreditação INMETRO	Data da acreditação	Última revisão do escopo
Tommasi Analítica Ltda.	Tommasi Ambiental	CRL 0442	17/09/2010	17/08/2023
Bioagri Ambiental - Matriz	Merieux-Bioagri Ambiental	CRL 0172	20/04/2004	02/09/2022
Bioagri Ambiental – Filial Belo Horizonte	Merieux-Bioagri Ambiental	CRL 0531	14/02/2012	20/07/2022
Bioagri Ambiental – Unidade Serra	Merieux-Bioagri Ambiental	CRL 0696	13/05/2014	15/08/2023
Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda.	Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda.	CRL 0462	03/12/2010	13/10/2022
CEIMIC Núcleo Técnico Operacional de Serviços Analíticos Ltda.	Tasqa	CRL 0165	27/02/2004	21/11/2022

O laboratório Tommasi, responsável pelas análises do período anual do PMQACH (julho/2022 a julho/2023), apresentou resultados adequados para os ensaios interlaboratoriais para a matriz água, onde eventuais resultados insatisfatórios, não aceitos ou questionáveis passaram por correções de acordo com o plano de ação do laboratório. Os ensaios interlaboratoriais permitem avaliar o desempenho dos laboratórios, evidenciam a obtenção de resultados confiáveis, identificam eventuais problemas com os ensaios e possibilitam ações corretivas e preventivas através de controles internos.

5.5.2 - Procedimentos de amostragem e equipamentos de campo e laboratoriais

As técnicas de coleta e análise das amostras seguiram protocolos padronizados e internacionalmente reconhecidos, como o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB & ANA, 2011); ABNT NBR-9898/1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores; e o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - 23ª edição (APHA, 2017).

As metodologias analíticas praticadas atendem também ao artigo nº 22 da Portaria GM/MS nº 888/2021 (o texto foi mantido do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde):

> "**Art. 22.** As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros previstos neste Anexo devem atender às normas nacionais ou internacionais mais recentes, tais como:
>
> **I –** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF);
>
> **II –** United States Environmental Protection Agency (USEPA);
>
> **III** – Normas publicadas pela International Standartization Organization (ISO);
>
> **IV** – Metodologias propostas pela Organização Mundial à Saúde (OMS)."

Os parâmetros cloro residual livre, temperatura da amostra e pH foram mensurados no local (*in situ*), utilizando-se equipamentos portáteis. Para os demais, as amostras foram encaminhadas ao laboratório, respeitando-se os respectivos procedimentos de preservação, conservação e tempo de validade de cada uma das análises. As etapas de planejamento amostral, definição dos pontos de coleta e metodologia aplicada seguiram as diretrizes para o PMQACH estabelecido pela Deliberação CIF nº 95, NT nº 10 e CIF nº 513 e NT nº 54.

A **Figura 5-1** apresenta imagens ilustrando as coletas manuais.

Figura 5-1- Painel de fotos exemplificando a coleta manual em diversos pontos do PMQACH.

5.5.3 - Registros de campo

Os procedimentos de amostragem foram registrados de maneira sistemática em formulários específicos (cadeias de custódia), que foram preenchidos no momento da amostragem. As fichas foram elaboradas para cada ponto amostral e contém: identificação do ponto, tipo e local de coleta, responsável pela coleta, data e hora da amostragem, parâmetros a serem analisados, registros das observações sobre as condições de amostragem, as não conformidades ou anomalias verificadas durante o processo de amostragem, frascos e preservantes utilizados, resultados dos parâmetros físicos e químicos *in situ*, identificação do técnico responsável e acompanhante (**Figura 5-2**).

Os frascos devidamente identificados e os preservantes utilizados foram fornecidos pelos laboratórios responsáveis pelas análises químicas. O material coletado em campo foi devidamente preservado e acondicionado, mantido sob a faixa refrigeração recomendada desde o momento da coleta até a entrega aos laboratórios de análise com as respectivas fichas de campo, contendo a identificação do projeto e as demais informações já listadas acima, atendendo as práticas preconizadas na ABNT NBR-ISO/IEC 17025:2017. Além disso, também nas fichas de campo consta a data e horário da amostragem e a data e horário do recebimento das amostras em laboratório. Assim, foi possível verificar que os prazos para entrega das amostras no laboratório não ultrapassaram 24h.

A **Figura 5-2** representa o modelo de uma ficha de campo emitida pela Tommasi, laboratório atualmente responsável pelas amostragens e análises do PMQACH. Na ficha, é possível observar detalhes que caracterizam a amostragem, conforme mencionado acima, além dos registros de parâmetros medidos em campo (pH, temperatura da água e cloro residual livre).

Figura 5-2 - Modelo de ficha de campo utilizada pelo laboratório Tommasi.

5.5.4 - Limites de detecção e quantificação dos métodos

No período de julho/2022 a julho/2023, pelo PMQACH foram avaliados os parâmetros indicados no quadro 5-2, de acordo com as respectivas normativas legais. Os anexos da Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelecem os padrões para a potabilidade determinando os valores máximos permitidos para cada parâmetro, enquanto as Resoluções CONAMA nº 357/2005 e 396/2008 apresentam valores máximos para parâmetros de acordo com o enquadramento das águas superficiais e subterrâneas, respectivamente. O **Quadro 5-4** apresenta os parâmetros químicos avaliados em campo e em laboratório com os respectivos métodos utilizados para a realização das análises, assim como as unidades de medida, limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) utilizados no último ano (julho/2022 a julho/2023).

Análises microbiológicas de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp., são realizadas conforme determinação do Artigo 29 da Portaria GM/MS nº 888/2021, de acordo com o método EPA 816-R-12-001-1623.1. Os demais parâmetros microbiológicos e biológicos e as referidas metodologias são: *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes (SMWW 8221-F e E2), densidade de cianobactérias (CETESB, NT L5.303), microcistinas (POP-FQ- 122) e clorofila-a (SMWW 10200H).

Quadro 5-4 - Parâmetros químicos monitorados, unidades e medida, limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) do método e a metodologia de análise empregadas pelo laboratório Tommasi no último ano (julho/2022 a julho/2023).

Parâmetro	Unidade	VMP	Normativa	Tommasi		
				LD	LQ	Metodologia
Ácidos Haloacéticos [4]	mg/L	0,08	P. GM/MS 888/2021	0,00328/ 0,0033	0,01	POP-CR-013
Alumínio Total	mg/L	0,2	CONAMA 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,0023/ 0,002/ 0,003	0,01	POP-FQ-081
Alumínio dissolvido [2]	mg/L	0,1	CONAMA 357/2005	0,003	0,01	POP-FQ-081
Amônia	mg/L	1,2	P. GM/MS 888/2021	0,003	0,01	POP-FQ-114
Antimônio Total	mg/L	0,005/ 0,006	CONAMA 357/2005, CONAMA 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,0001/ 0,0003	0,001	POP-FQ-081
Arsênio Total	mg/L	0,01	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,0003	0,001	POP-FQ-081
Bário Total	mg/L	0,7	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,0002/ 0,003	0,01	POP-FQ-081

Parâmetro	Unidade	VMP	Normativa	Tommasi		Metodologia
				LD	LQ	
Cádmio Total	mg/L	0,005	CONAMA 357/2005	0,0003	0,001	POP-FQ-081
Chumbo Total	mg/L	0,01	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,003	0,01	POP-FQ-081
Cianobactérias (3)	cel/mL	10.000	P. GM/MS 888/2021	1	3	CETESB, NT L5.303,4ª edição
Cianotoxinas (microcistina e saxitoxina (3)	µg/L	1,0 (MCYS) e 3,0 (STX)	P. GM/MS 888/2021	0,11	0,5 / 0,1	POP-MIC-031 e Saxitoxin Plate Kit Cat.# 20-0173
Cloreto	mg/L	250	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,17	1	US EPA, 300.1
Cloro Residual Livre (Campo)(4)	mg/L	De 0,2 à 5,0	P. GM/MS 888/2021	0,002/ 0,003	0,01	POP-ANL-009
Clorofila-a (3)	µg/L	10	CONAMA 357/2005 e P. GM/MS 888/2021	-	6	SMWW, 23ª edição,método 10200 H
Cobre Total	mg/L	2	CONAMA 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,0003/ 0,0001	0,001	POP-FQ-081
Cobre Dissolvido (2)	mg/L	0,009	CONAMA 357/2005	0,0003	0,001	POP-FQ-081
Coliformes Totais 100 mL	UFC/100 mL	Ausência em 100 mL	CONAMA 396/2008, P. GM/MS 888/2021	-	-	SMWW 23ª Edição, Método 9221-D
Coliformes Termotolerantes 100 mL (1)	NMP/100 mL	1.000	CONAMA 357/2005	-	1,8	SMWW, 23ª edição, método 9221 E2
Cor Aparente	mg/L Pt-Co	15	P. GM/MS 888/2021	-	5	POP-FQ-095
Cromo Total	mg/L	0,05	CONAMA 357/2005 e P. GM/MS 888/2021	0,003/ 0,001	0,01	POP-FQ-081
Dureza Total	mg/L	300	P. GM/MS 888/2021	-	2/ 1	SMWW 23a Edição, Método 2340 C
Escherichia coli	UFC /100 mL	Ausência em 100 mL	P. GM/MS 888/2021	-	1,8	SMWW, 23ª edição, método 9223 B
Ferro Total	mg/L	Máx. 0,3	CONAMA 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,003	0,01	POP-FQ-081
Ferro Dissolvido (2)	mg/L	0,3	CONAMA 357/2005	0,003	0,01	POP-FQ-081
Giardia spp. e Cryptosporidium spp.(3)	cisto/L	-	P. GM/MS 888/2021	-	0,1	EPA 816-R-12-001 –1623.1 - 2012
Gosto e odor (5)	Intensidade	Máx. 6	P. GM/MS 888/2021	-	-	SMEWW, 23ª Edição, 2017, Método 2160 C e 2170 B
Manganês Total	mg/L	0,1	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,001/ 0,003	0,01	POP-FQ-081
Mercúrio Total	mg/L	0,0002, 0,001, 0,001	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,00003	0,0001	POP-FQ-081
Níquel Total	mg/L	0,025, 0,02, 0,07	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,003/ 0,001	0,01	POP-FQ-081

Parâmetro	Unidade	VMP	Normativa	Tommasi		Metodologia
				LD	LQ	
Nitrato	mg/L	0,40, 10, 10	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,01	0,1	US EPA, 300.1
Nitrito	mg/L	0,07, 1, 1	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,003/ 0,001	0,01	US EPA, 300.1
pH	-	De 6,0 a 9,0	CONAMA 357/2005 e P. GM/MS 888/2021	-	2 – 12	SMWW 23a Edição, Método 4500 H+
Selênio Total	mg/L	0,01, 0,01, 0,04	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,002/ 0,003	0,01	POP-FQ-081
Sódio Total	mg/L	200	CONAMA 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,01	0,1	POP-FQ-081
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500, 1000, 500	CONAMA 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	3	10	POP-FQ-085
Sulfato	mg/L	250	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,23	1	US EPA, 300.1
Trihalometanos (4)	mg/L	0,1	P. GM/MS 888/2021	0,0007	0,002	POP-CR-002
Turbidez	NTU	100, 5	CONAMA 357/2005 e P. GM/MS 888/2021	0,1/ 0,12	0,34	SMWW 23° Edição, Método 2130B
Urânio Total	mg/L	0,2, 0,015, 0,03	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,002/ 0,003	0,01	POP-FQ-081
Zinco Total	mg/L	0,18	CONAMA 357/2005, 396/2008 e P. GM/MS 888/2021	0,001/ 0,0033/ 0,003	0,01	POP-FQ-081

(1) Coliformes termotolerantes só são monitorados nos pontos de captação dos sistemas com tratamento.
(2) Os parâmetros cobre dissolvido, alumínio dissolvido e ferro dissolvido são analisados quando for água superficial.
(3) São analisados somente quando a captação for realizada em águas superficiais, tanto para sistemas com e sem tratamento.
(4) Analisados somente nas saídas dos sistemas com tratamento.
(5) Gosto e odor são analisados somente na saída dos pontos com e sem tratamento.

5.5.5 - Laudos analíticos

A **Figura 5-3** representa o modelo de um laudo analítico emitido pela Tommasi, laboratório atualmente responsável pelas amostragens e análises do PMQACH. No laudo constam informações como a identificação do cliente, nome e endereço do solicitante, localização do ponto, identificação da amostra, matriz, unidade de medida coerente com a matriz, método de análise dos parâmetros e seus respectivos limites de quantificação quando pertinente. Além disso, ao final de cada laudo, também é apresentado uma declaração de conformidade o qual resume quais parâmetros estiveram acima do limite estipulado pela legislação referente à amostra coletada.

Figura 5-3 - Modelo de laudo analítico utilizado pelo laboratório Tommasi.

Tommasi ambiental

Relatório Analítico 24829/2023.0.A

Proposta Comercial: PC3544/2021.3

CRL 0442

Identificação do cliente e endereço

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação Renova	**CNPJ/CPF:** 25.135.507/0001-83
Contato: [redacted]	**Telefone:** [redacted]
Endereço: Avenida Getúlio Vargas, nº671 Sala 400 - Savassi - Minas Gerais - Brazil	

Identificação da amostra, data, matriz, códigos e informações da coleta

Informações da Amostra - Nº: 24829-1/2023.0 - SAA - ETA Sede - Baixo Guandu - CTM	
Tipo de Amostra: Água Bruta	**ID Amostra:** 506074
Critério de Conformidade: Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15.I , Anexo XX, da Portaria de Consolidação Nº 5/2017, alterado pela Portaria GM/MS Nº 888/2021 - Art. 29 e 43	
Data Coleta: 02/05/2023 17:23	**Data de Publicação:** 15/05/2023 14:46
Data de Recebimento: 03/05/2023 07:00	
Tipo de Coleta: Simples	**Local da Coleta:** Captação: Calha Parshall
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	**Condições Climáticas nas Últimas 48 horas:** Sol
Temperatura Ambiente (°C): 25,9	**Temperatura da Amostra (°C):** 26,5
Observações: -	**Latitude:** -19,50931
Longitude: -41,01161	**Responsabilidade da Amostragem:** Tommasi Ambiental
Coordenadas : 288881.5735 / 7841535.64	**UF:** ES
Endereço do local: Rua Aldomario Falcão. s/n	**Município:** Baixo Guandu
Origem da água: proveniente de Rio, nascente, poço ou de mais de um lugar? Quais?: Rio Doce	**A água é coletada no local de captação ou tem algum processo antes (filtro, cloro, caixa d'água)?:** Captação

Resultados

Resultados Analíticos

Amostragem

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultado	Incerteza	Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15.I	Anexo XX, da Portaria de Consolidação Nº 5/2017, alterado pela Portaria GM/MS Nº 888/2021 - Art. 29 e 43	Referência	Data de Início
pH	NA	NA	2,00 - 12,00	7,35	0,09	6,0 a 9,0	NA	SMWW, 23ª edição, método 4500-H+	02/05/2023

Biológicos

							Anexo XX, da		

Declaração de Conformidade

Declaração de Conformidade (A opinião e interpretação expressa abaixo não faz parte do escopo da acreditação deste laboratório)
A presente amostra NÃO ATENDE aos padrões estabelecidos pela legislação vigente conforme Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15, no(s) parâmetro(s) :Escherichia coli, Coliformes Termotolerantes, Turbidez
A presente amostra ATENDE aos padrões estabelecidos pela legislação vigente conforme Anexo XX, da Portaria de Consolidação Nº 5/2017, alterado pela Portaria GM/MS Nº 888/2021 - Art. 29 e 43 para os parâmetros analisados.

Com as análises finalizadas, os laudos oficiais contendo os resultados das análises realizadas são remetidos à Fundação Renova, passando pelos procedimentos de triagem e enviados para o sistema de banco de dados denominado MP5 (MonitorPro 5). Os laudos laboratoriais, fichas de campo e planilhas em Excel são disponibilizados para a CT-Saúde, na plataforma online da Fundação Renova, *Sharepoint.*

Relatórios técnicos, tal como o presente documento, estão previstos para serem emitidos ao término da última campanha, contemplando o período de um ano de monitoramento, conforme a NT nº 54 e Deliberação CIF nº 513.

5.6 - Avaliação da consistência dos dados

Para a avaliação geral da consistência dos dados, foram verificadas as técnicas e procedimentos empregados desde a coleta da água até a análise e divulgação dos resultados, visando a garantia e a confiança do processo analítico.

Em relação as amostragens, os colaboradores responsáveis pelos procedimentos de campo foram devidamente capacitados e treinados conforme requisitos do laboratório e as coletas ocorreram com o acompanhamento de representante da secretaria municipal de saúde designada por cada município.

Além dos controles de qualidade indicados ao longo do texto, outro importante indicador de qualidade dos dados gerados diz respeito ao cumprimento das campanhas previstas no âmbito do PMQACH. De modo geral as coletas ocorreram de forma sistemática com frequências previstas antes e após da revisão bianual do PMQACH, de janeiro/2022, respeitando o escopo previsto no programa de monitoramento. Ausências de campanha de amostragem ocorreram por eventualidades, tais como: ponto seco, sem acesso, em manutenção, desativados, entre outros., sendo que sempre é feita uma segunda tentativa de amostragem dentro da mesma campanha nos casos em que não houve sucesso na primeira tentativa.

Após todas as etapas de campo e analítica, os resultados foram consolidados em um banco de dados (BD). Nos laudos analíticos, foi conferido o cumprimento dos requisitos da norma ABNT NBR-ISO/IEC 17025, como por exemplo, identificação do cliente, nome e endereço do solicitante, localização do ponto, identificação da amostra, matriz, unidade de medida coerente com a matriz, método de análise dos parâmetros e seus respectivos limites de quantificação, quando pertinente. Importante destacar que os laudos apresentam as etapas de controle de qualidade laboratorial visando assegurar a validade dos métodos utilizados.

Adicionalmente, foi feita uma avaliação geral no BD a fim de se observar resultados inconsistentes ou não encontrados na natureza, além da verificação de resultados transcritos de maneira incorreta, como por exemplo troca de ponto por vírgula. Foram verificados, também, se os limites de quantificação (LQ) utilizados pelos laboratórios foram iguais ou inferiores aos limites preconizados nas legislações pertinentes (Portaria n° 888/2021, CONAMA n° 357/2005 e CONAMA n° 396/2008), informação necessária para o enquadramento dos resultados. A avaliação demonstrou que, para o período avaliado no relatório, os limites de quantificação praticados pelo laboratório estiveram iguais ou abaixo do preconizado na legislação pertinente.

Vale ressaltar que no início do PMQACH todos os resultados eram comparados com a PRC n° 05/2017, motivo pelo qual os LQs não atendem ao estipulado, principalmente para as Resoluções CONAMA. Somente em 2019 foi solicitado pela CT Saúde que os resultados dos pontos de captação fossem comparados com as Resoluções CONAMA, mas não houve adequação dos parâmetros analisados. A partir de janeiro/2022, com a primeira revisão bianual do PMQACH, os parâmetros foram adequados conforme indicado no **Quadro 5-2.**

5.7 - Apresentação dos resultados

A apresentação dos resultados foi feita buscando atender o que pede a NT nº 54/2021 da CT-Saúde, no que diz respeito a: 1) apresentação gráfica, por município, considerando-se pontos com e sem tratamento, dos parâmetros cujos valores superaram o VMP da legislação aplicável e 2) análises para subsidiar interpretações das concentrações dos parâmetros ao longo do tempo e em função da sazonalidade.

Os dados apresentados e a sequência de itens estão, ainda, de acordo com o indicado no documento da Primeira Revisão Bianual, publicados em agosto/2021 pela Fundação Renova.

Dessa forma, para atender ao item (1) primeiramente a estrutura dos resultados foi dividida em Pontos com tratamento e Pontos sem tratamento. Para ambos, foram elaborados gráficos de barra considerando os parâmetros que apresentaram no mínimo uma violação no período de setembro/2018 a julho/2023. Na primeira parte dos resultados é apresentado um gráfico de barras separado pelo período seco e chuvoso, cujo objetivo é avaliar, de modo geral, a influência da sazonalidade nos percentuais de violação. Na sequência são apresentados gráficos de barras para cada ponto de monitoramento, identificando os percentuais de violação na captação e saída do ponto e a forma de captação (SAI, SAC ou SAA). Nestes gráficos é apresentado o *n* total de amostras consideradas, o *n* de violações e o percentual desta relação para cada ciclo do monitoramento pelo PMQACH (2018/2019, 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023), com enfoque sempre no último ano de monitoramento (2022/2023).

Importante ressaltar que, em relação ao relatório anterior (2021/2022), foram feitas alterações nas classificações dos ciclos de determinadas campanhas. Isso ocorreu, pois, as campanhas do PMQACH se iniciam no dia 16 e se encerram no dia 17 do mês seguinte. No relatório anterior foi considerado o mês todo nas classificações, enquanto no relatório atual foram considerados os dias exatos em que se iniciam e encerram as campanhas. Essa diferenciação na classificação pode ter gerado pequenas alterações percentuais nos ciclos passados quando comparados os dois relatórios, dada a mudança no "*n*" de cada ciclo.

No item (2), para avaliação da temporalidade e sazonalidade dos parâmetros qualitativos *E. coli* e coliformes totais foram apresentados gráficos contendo a série histórica dos resultados qualitativos da presença destes contaminantes no universo amostral, considerando cada mês de amostragem. Adicionalmente é informado o percentual de violação no rótulo do gráfico. Foram considerados todos os resultados, dividindo apenas pelo tipo de captação (superficial ou subterrânea). Para os demais parâmetros, para avaliar as variações temporais e sazonais (período chuvoso e seco) ao longo do monitoramento de setembro/2018 a julho/2023, foram realizadas análises estatísticas considerando os ciclos avaliados (2018/2019, 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023) e período sazonal, chuvoso e seco. A referência para o período chuvoso seguiu o estabelecido no Termo de Referência do Plano de Ações para Período Chuvoso, de competência do Grupo de Acompanhamento Técnico do CIF, tendo sido realizadas entre 01 de outubro e 01 de abril de cada ciclo chuvoso.

As análises estatísticas foram desenvolvidas por parâmetros utilizando os testes Kruskall-Wallis e Wilcoxon com nível de significância de 5%. Os parâmetros considerados para os testes foram aqueles que apresentaram maiores percentuais de frequência de quantificação (pelo menos 40% de dados quantificados). Os registros abaixo do LQ foram considerados como os próprios valores de LQ sem o sinal "<". Os resultados foram interpretados criticamente ponderando a frequência de dados abaixo do LQ ou as próprias variações no LQ ao longo do monitoramento. Portanto, somente resultados claros de aumento ou redução ao longo dos anos ou períodos sazonais foram levados em consideração. Os resultados das análises estatísticas foram representados em tabelas contendo sinais em cores

que indicam se os valores de determinado parâmetro no último período avaliado (2022/2023) foram maiores, menores ou não claros (i.e., inconsistentes) em relação aos anos anteriores. A avaliação sazonal (i.e., comparação entre período chuvoso e seco) foi realizada considerando todos os dados coletados durante o período chuvoso comparados a todos os dados coletados durante o período seco. A representação, neste caso, foi realizada em tabelas contendo círculos azuis que significam que os dados de determinado parâmetro, em determinado ponto, foram mais elevados durante o período chuvoso e círculos amarelos que significam que os dados foram mais elevados durante o período seco.

Embora os resultados apresentados no relatório contemplem todo o histórico do PMQACH, as discussões foram voltadas para o período anual avaliado neste relatório que vai de julho/2022 a julho/2023.

6 - RESULTADOS

No presente item são apresentados os resultados obtidos no âmbito do monitoramento do PMQACH, período de setembro de 2018 a julho de 2023. Foi dado enfoque no último ano do monitoramento, período avaliado neste relatório, que compreendeu os meses de julho de 2022 a julho de 2023. O banco de dados completo avaliado encontra-se no **Anexo 1**.

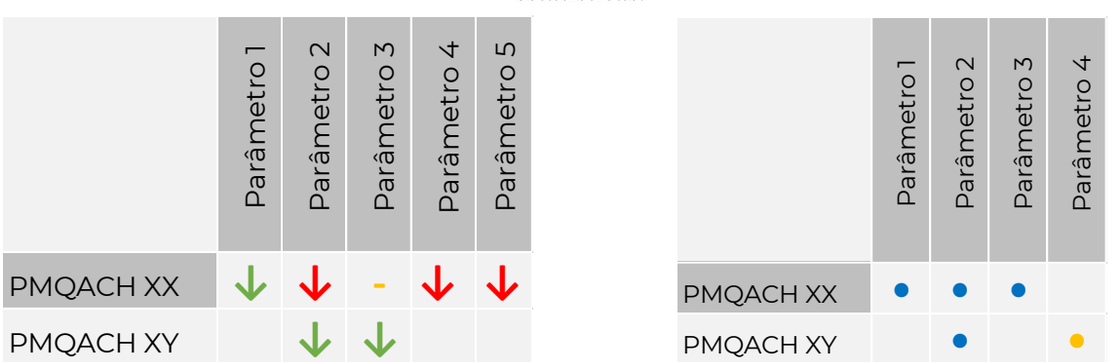
O item encontra-se dividido por município, considerando-se pontos amostrais com e sem tratamento de água. Em cada item foi abordado: 1) Ocorrência de violações das legislações vigentes; e 2) Avaliação temporal e sazonal.

Para avaliação das violações, foram considerados nos gráficos todos os parâmetros que apresentaram ao menos uma violação ao longo de todo o período monitorado. Primeiramente, é apresentado um gráfico com os resultados gerais das violações, considerando todos os pontos, divididos pelo período chuvoso e seco. Na sequência são apresentados gráficos detalhados por ponto, captação e saída e tipo de sistema ou solução de abastecimento (SAI, SAC ou SAA) divididos pelos ciclos de monitoramento (2018/2019, 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023), contendo informações do número total de amostras do período, número de amostras que superaram o limite da legislação e rótulo do gráfico, contendo informação do percentual de violação. A tabela completa de violações apresentadas neste item pode ser consultada no **Anexo 2**.

Para avaliação da temporalidade e sazonalidade os parâmetros *E. coli* e coliformes totais foram apresentados através de gráficos contendo a série histórica dos resultados qualitativos da presença destes elementos no universo amostral, considerando cada mês de amostragem. Adicionalmente é informado o percentual de violação no rótulo do gráfico. Foram considerados todos os resultados, dividindo apenas pelo tipo de captação (superficial ou subterrânea). Para os demais parâmetros foram feitas análises estatísticas com aqueles que apresentaram pelo menos 40% de dados quantificados (ou seja, maiores do que o LQ), além de ter sido considerado também parâmetros relevantes no contexto da bacia. Os resultados das análises estatísticas foram representados em tabelas contendo sinais em cores que indicam se

os valores de determinado parâmetro no último período avaliado (2022/2023) foram maiores (seta vermelha para cima), menores (seta verde para baixo) ou não claros (i.e., inconsistentes; traço amarelo) em relação aos anos anteriores (**Figura 6-1**). Portanto, o símbolo indicado na tabela significa que um padrão de aumento, redução ou inconsistência foi observado para determinado parâmetro em determinado ponto no último ciclo avaliado em comparação aos anos anteriores. A avaliação sazonal (i.e., comparação entre período chuvoso e seco) foi realizada considerando todos os dados coletados durante o período chuvoso comparados a todos os dados coletados durante o período seco. A representação, neste caso, foi realizada em tabelas contendo círculos azuis que significam que os dados de determinado parâmetro, em determinado ponto, foram mais elevados durante o período chuvoso e círculos amarelos que significam que os dados foram mais elevados durante o período seco (**Figura 6-1**).

Figura 6-1 - Exemplo genérico das figuras utilizadas para representação gráfica das avaliações estatísticas.



Alguns parâmetros avaliados permaneceram abaixo do limite de quantificação do respectivo método durante todo o monitoramento, especialmente agrotóxicos e substâncias organolépticas, com exceção dos parâmetros ácidos haloacéticos, fenóis totais, trihalometanos totais e etilbenzeno. Além desses, os parâmetros antimônio, mercúrio, bromato, clorito, clorofila, as cianotoxinas investigadas (microcistinas e saxitoxinas) e os parâmetros biológicos *Giardia spp*. e *Cryptosporodium spp*. também permaneceram abaixo do limite de quantificação em todos os municípios. Embora não tenham apresentado todos os resultados abaixo do limite de quantificação, os parâmetros arsênio, cádmio, cromo, chumbo, níquel, selênio, sulfeto e urânio apresentaram mais de 90% dos resultados abaixo do LQ.

Os seguintes parâmetros, apesar de quantificados, não apresentaram resultados acima de seus respectivos limites das legislações aplicáveis: cianeto, clorofila-a, cloreto, cobre total, cobre dissolvido, densidade de cianobactérias, nitrito, sódio total, sulfato total e zinco total. Vale destacar que, na captação, os parâmetros bromato, urânio total, paration metílica, aldrin + dieldrin, DDT + DDD + DDE e endrin apresentaram alguns valores de LQ superiores ao limite da legislação aplicável e, portanto, não foram considerados como violação. Isso aconteceu pois no início do PMQACH todos os resultados eram comparados com a PRC n° 05/2017, motivo pelo qual os LQs não atendem ao estipulado na Resolução CONAMA. Somente em 2019 foi solicitado pela CT Saúde que os resultados dos pontos de captação fossem comparados com as Resoluções CONAMA, mas não houve adequação dos parâmetros analisados. A partir de janeiro/2022, com a primeira revisão bianual do PMQACH, os parâmetros foram adequados.

Considerando todos os dados de captação superficial, os parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação foram coliformes termotolerantes, *E. coli*, ferro dissolvido, alumínio dissolvido, manganês total e turbidez (**Figura 6-2**). Os demais parâmetros apresentaram percentuais totais ≤ 5% (**Figura 6-2**). Os dados de captação subterrânea, apresentaram maiores percentuais de violação para os parâmetros ferro total, manganês total, bário total, fluoreto, *E. coli* e coliformes termotolerantes. Os demais parâmetros apresentaram percentuais totais ≤ 8% (**Figura 6-3**).

Figura 6-2 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na captação superficial dos pontos amostrais do PMQACH no período de setembro/2018 a julho/2023.

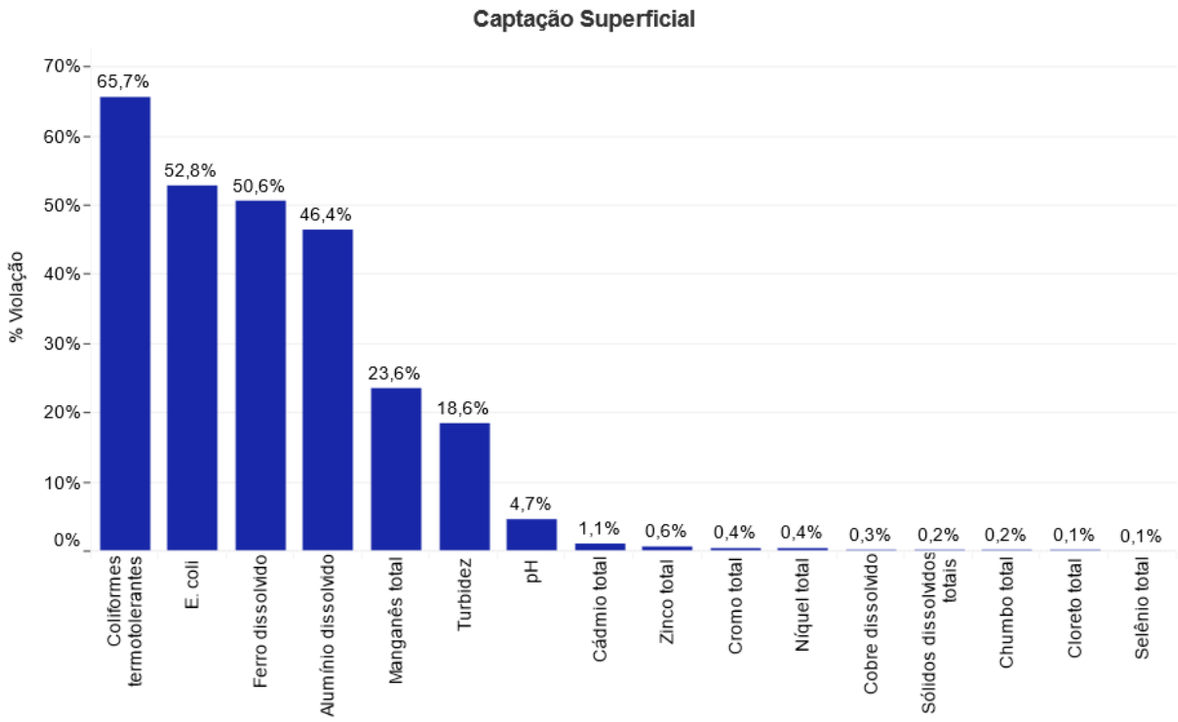
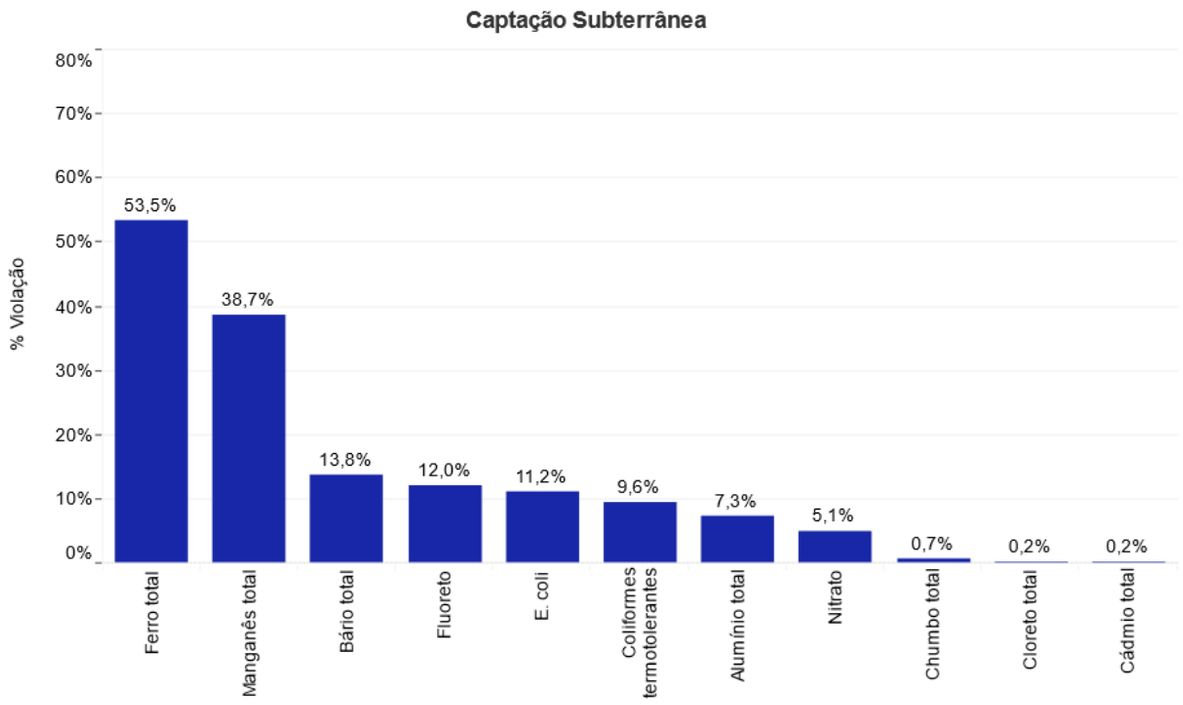


Figura 6-3 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na captação subterrânea dos pontos amostrais do PMQACH no período de setembro/2018 a julho/2023.



Considerando os dados de saída, é possível observar padrões diferentes em termos de percentuais totais de violação quando se trata de pontos com ou sem tratamento de água. Os dados de saída sem tratamento apresentaram como parâmetros mais importantes: cloro residual livre, coliformes totais, *E. coli,* ferro total, cor aparente, turbidez, manganês total, bactérias heterotróficas, pH, gosto e odor, alumínio total e nitrato. Os demais parâmetros apresentaram percentuais totais ≤ 4% (**Figura 6-5**). Já considerando os dados com tratamento de água, os parâmetros mais importantes foram, trihalometanos totais, cloro residual livre, alumínio total, coliformes totais e pH, sendo os demais com percentuais totais ≤ 4% (**Figura 6-4**). Vale destacar os parâmetros cloro residual livre e coliformes totais apresentaram violações emambos os casos, porém os percentuais totais de violação foram mais elevados considerando os dados sem tratamento. No caso de cloro residual livre, o percentual foi de 11,3% para pontos com tratamento e 95,2% para pontos sem tratamento (**Figura 6-4, Figura 6-5**). No caso de pontos sem tratamento, as violações ocorreram especialmente por

concentrações inferiores a faixa do limite legal, sendo que em pontos com tratamento, também houve ocasiões em que o limite superior foi ultrapassado. Em relação ao parâmetro coliformes totais, o percentual de violação total foi de 6,1% para pontos com tratamento e de 77,4% para pontos sem tratamento (**Figura 6-4, Figura 6-5).** Esses dados gerais demonstram a importância do tratamento para a melhora da qualidade da água, especialmente em relação à contaminação microbiológica, percentual de sólidos representados pela turbidez e cor aparente. No entanto, os percentuais de violação de cloro residual livre, coliformes totais e *E. coli* em pontos com tratamento demonstram a necessidade de revisão da operação para ajustes da concentração de cloro aplicada para desinfecção. O parâmetro alumínio total não apresentou diferença significativa entre os pontos sem e com tratamento, permanecendo em percentuais relativamente próximos, 9% e 7%, respectivamente. Apesar de apresentar percentual de violação inferior ao de pontos sem tratamento, os pontos com água tratada podem apresentar concentrações residuais de alumínio devido ao uso de coagulantes à base de sais de alumínio durante o processo de tratamento (ROSALINO, 2011). Além disso, também é possível notar maiores percentuais de violação nos dados com tratamento para os parâmetros ácidos haloacéticos, trihalometanos totais e fluoreto (**Figura 6-5**). O tratamento da água pode resultar em subprodutos que são formados pela reação entre matéria orgânica e cloro, como os ácidos haloacéticos e trihalometanos (FERREIRA FILHO & SAKAGUTI, 2008; LIMA, 2014; SILVA & MELO, 2015), como também resultar em concentrações residuais do íon fluoreto oriundo do processo de fluoretação (FRAZÃO, PERES & CURY, 2011). Portanto, a instalação, manutenção e operação adequada dos processos de tratamento podem auxiliar ao atendimento integral dos limites legais de potabilidade.

Figura 6-4 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na saída dos pontos amostrais com tratamento do PMQACH no período de setembro/2018 a julho/2023.

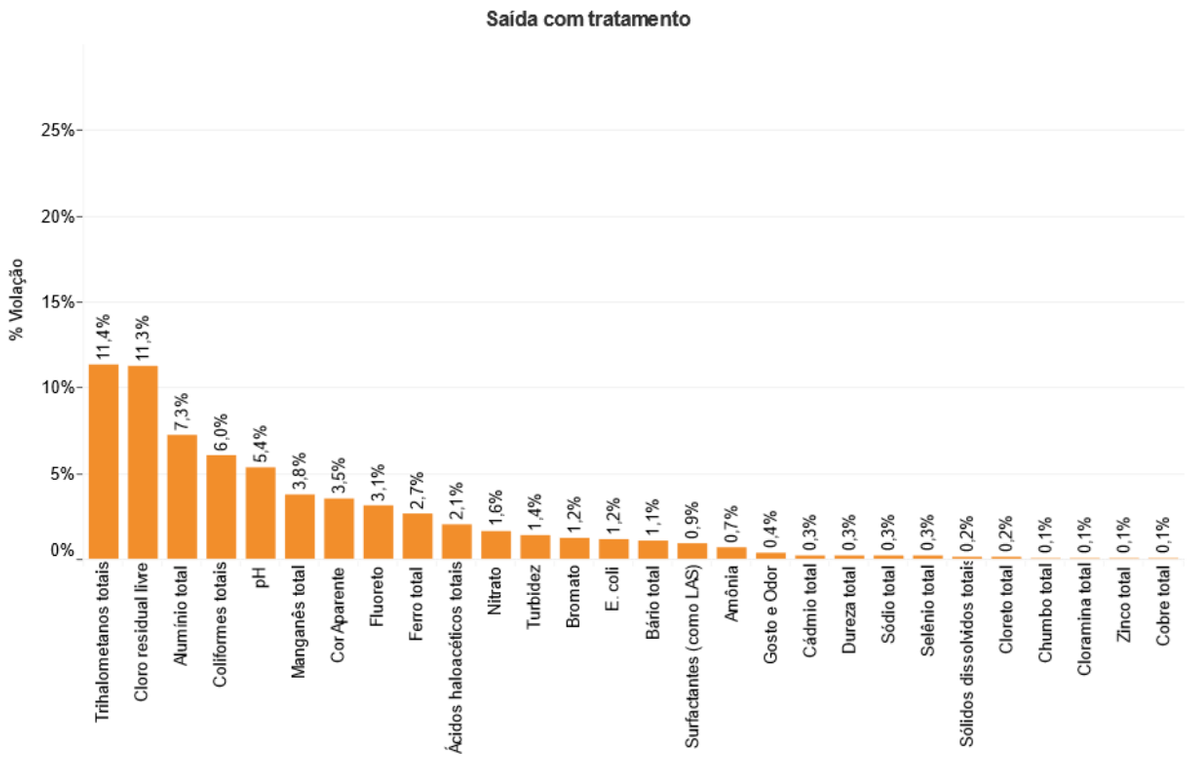
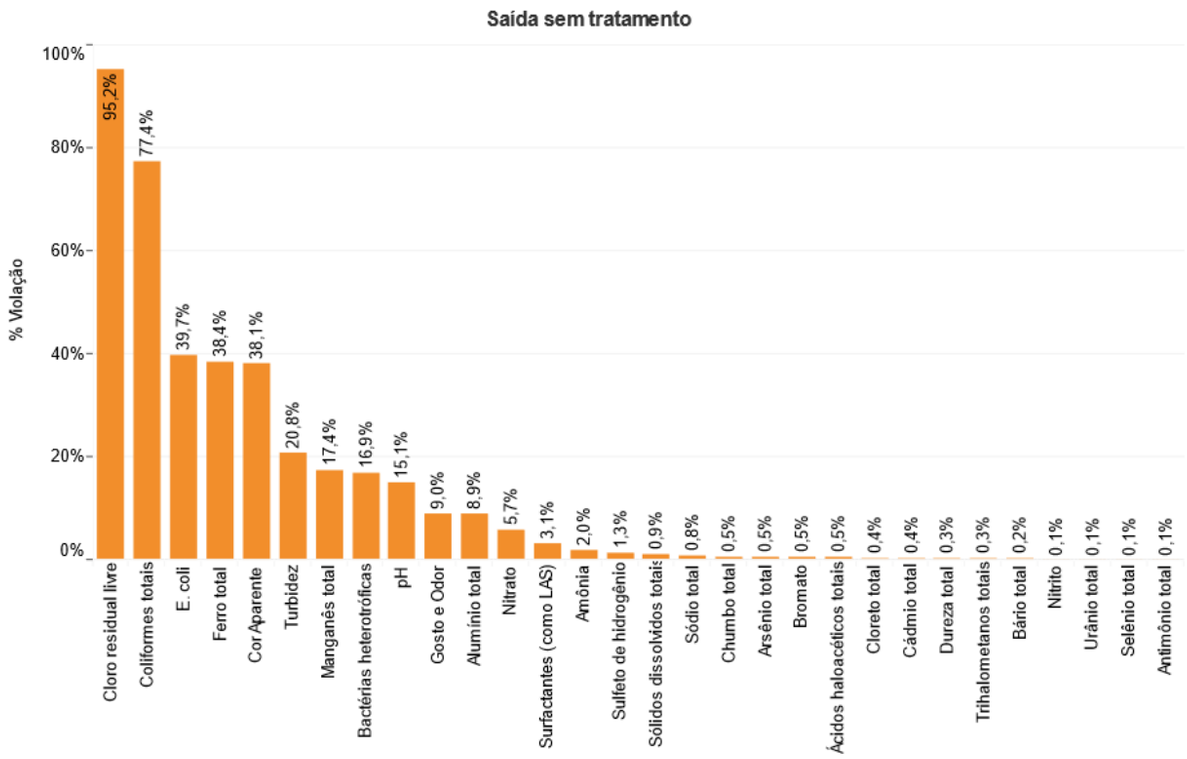


Figura 6-5 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na saída dos pontos amostrais sem tratamento do PMQACH no período de setembro/2018 a julho/2023.



6.1 - Mariana

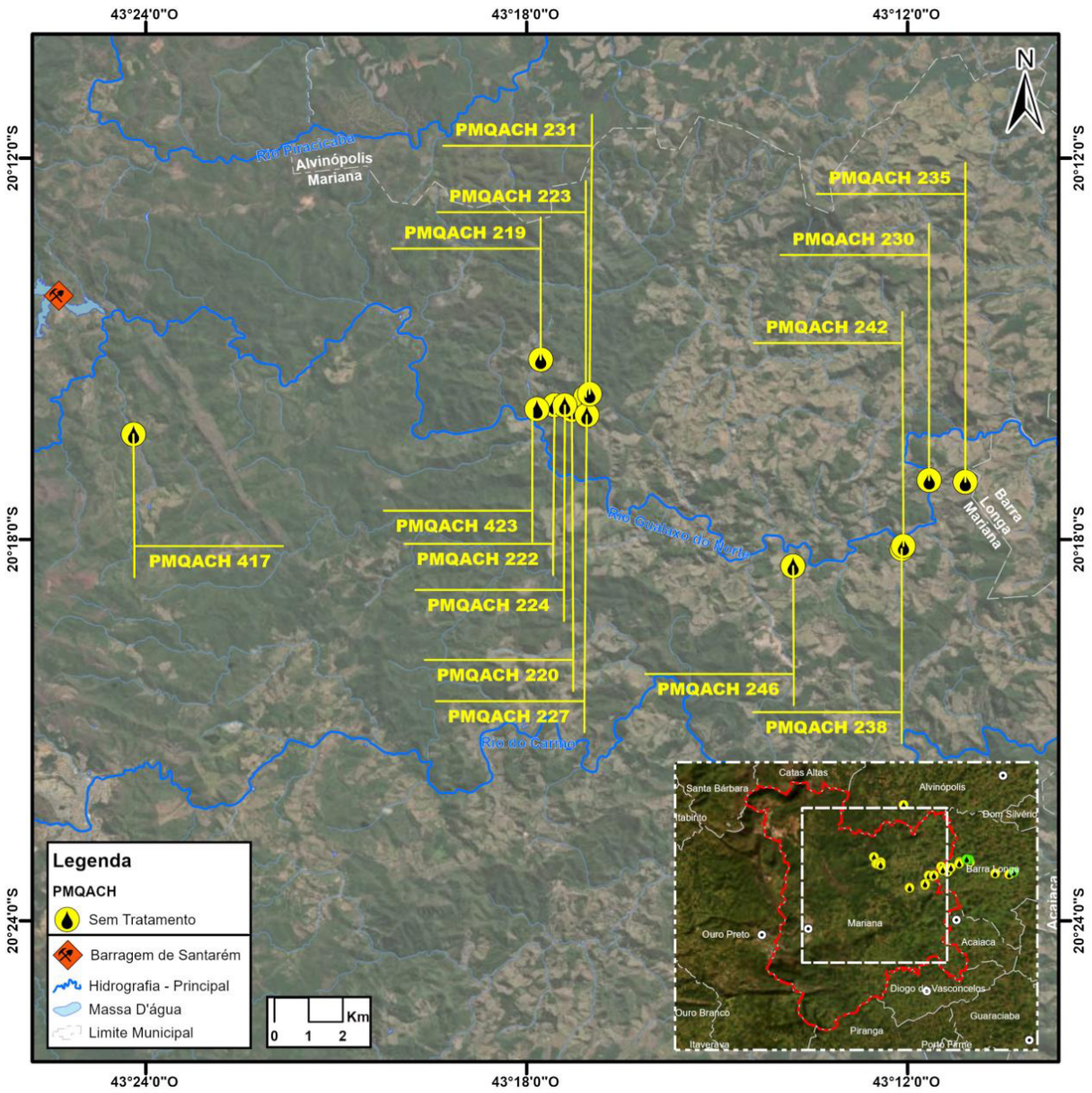
No município de Mariana-MG, foram considerados os 14 pontos de monitoramento, sendo 04 (quatro) de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), 03 (três) Soluções Alternativas Coletivas (SAC) e 07 (sete) Soluções Alternativas Individuais (SAI) (**Figura 6-6** e **Quadro 6-1**). Estes pontos não apresentam tratamento de água.

Quadro 6-1 - Características dos pontos do município de Mariana considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 219 (1)	Subterrânea	SAC	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/12/2022
PMQACH 220 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 222 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 223 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 224 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/10/2022
PMQACH 227 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 230	Superficial	SAA	Não	Saída		Ativo
PMQACH 231 (1)	Superficial	SAC	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 235 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/10/2022
PMQACH 238	Superficial	SAA	Não	Saída		Ativo
PMQACH 242 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/11/2022
PMQACH 246	Superficial	SAA	Não	Saída		Ativo
PMQACH 417	Superficial	SAA	Não	Saída		Ativo
PMQACH 423	Superficial	SAC	Não	Saída		Ativo

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-6 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Mariana-MG.



6.1.1 - Pontos sem tratamento

6.1.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

No município de Mariana, considerando todos os sistemas de abastecimento, os parâmetros que registraram maiores percentuais de violação aos limites aplicáveis foram coliformes, cloro residual livre, cor aparente, *Escherichia coli* e ferro total, sendo que os percentuais tiveram pequena variação entre o período chuvoso e seco (**Figura 6-7**). As violações observadas para o cloro residual livre foram, no geral, com resultados abaixo da faixa do limite estabelecido na legislação, o que era esperado visto que os pontos de monitoramento do município não apresentam tratamento de água. Reforça-se, no entanto, que a partir de janeiro/2022 com a revisão bianual do PMQACH, o parâmetro cloro residual livre deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais observados referem-se ao período pretérito a esta revisão.

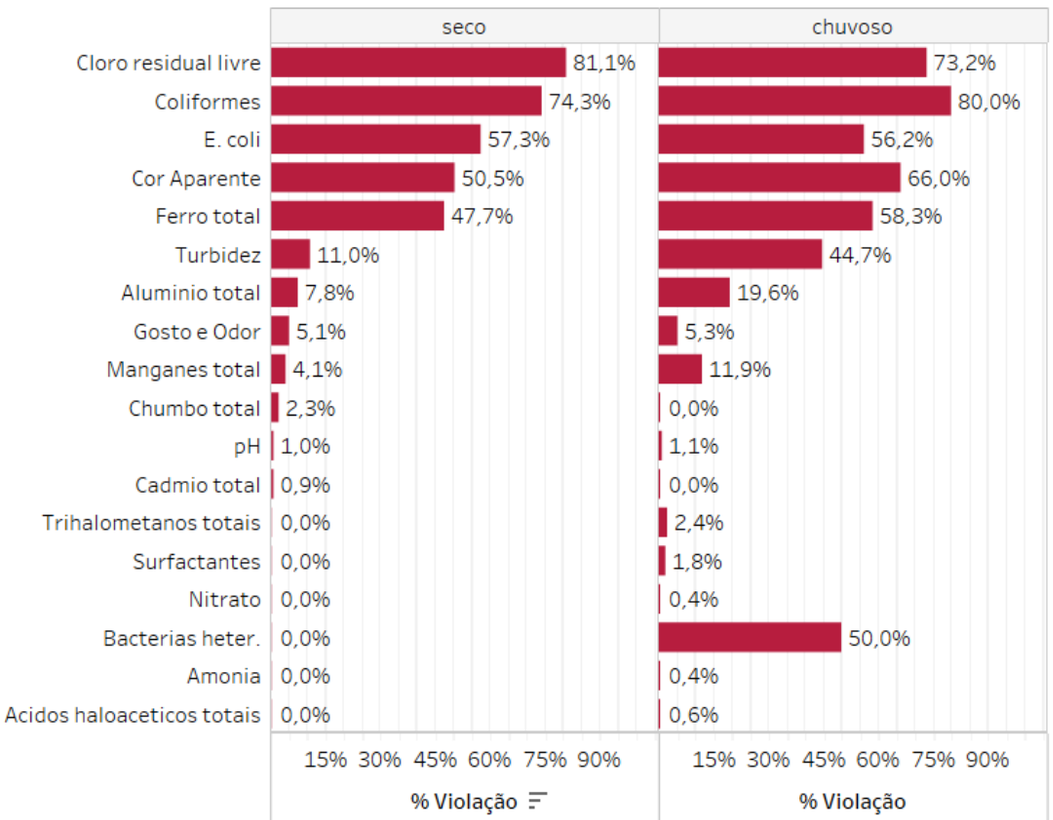
Os metais como ferro, alumínio e manganês, presentes na composição dos rejeitos da barragem, também possuem ocorrência natural na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). Alumínio e manganês apresentaram violações pontuais entre os pontos monitorados: o alumínio total teve percentual total de violação de 19,6% na estação chuvosa e 7,8% na estação seca, enquanto o manganês teve 11,9% (chuva) e 4,1% (seca). De modo similar, os maiores percentuais de violação da turbidez foram observados no período chuvoso (44,7%) em relação ao período de seca (11%) (**Figura 6-7**). Maiores concentrações desses parâmetros estão relacionadas com o aumento da pluviosidade, especialmente em corpos hídricos superficiais, refletindo tanto o maior aporte de partículas carreadas pela água da chuva, como a possível ressuspensão de material sedimentado.

De maneira geral, verificou-se a presença de coliformes totais e *E. coli* em todo período monitorado. A presença *E. coli* nas amostras indica relação com contaminação fecal da água provenientes de esgoto doméstico ou criação de animais. Embora contemple um grande grupo de bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, a presença de coliformes também é em alerta para possível exposição da fonte a focos

de poluição ou contaminação. A mais recente revisão do plano integrado da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021), apontou coliformes como parâmetro prioritário para busca de soluções. A ausência de tratamento do esgoto doméstico gerado pelos municípios da bacia do rio Doce (aproximadamente 68% do esgoto é lançado diretamente nos cursos d'água) é um problema histórico na bacia (PIRH Doce, 2021). No município de Mariana, segundo os dados do IBGE (2010), há 78% de esgotamento sanitário, que apresentam, especialmente, tratamento convencional, que contempla as etapas de floculação, decantação, filtração e desinfecção. No entanto, a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, caso o tratamento seja ineficiente, o efluente ainda terá a presença de matéria orgânica e patógenos, tendo como consequência o lançamento deles nos recursos hídricos. Em áreas rurais, a contaminação fecal pode estar associada à criação de animais, pontos de captação em áreas inapropriadas ou proximidade a fossas. Nesse contexto de contaminação microbiológica, é importante que as águas destinadas ao consumo humano possuam a adição de cloro, com o objetivo de reduzir os riscos desses patógenos à saúde humana (CETESB, 2017). Portanto, para pontos sem tratamento, recomenda-se, além da adição de cloro, uma rotina de limpeza da caixa d'água e o consumo da água somente após fervura e filtração.

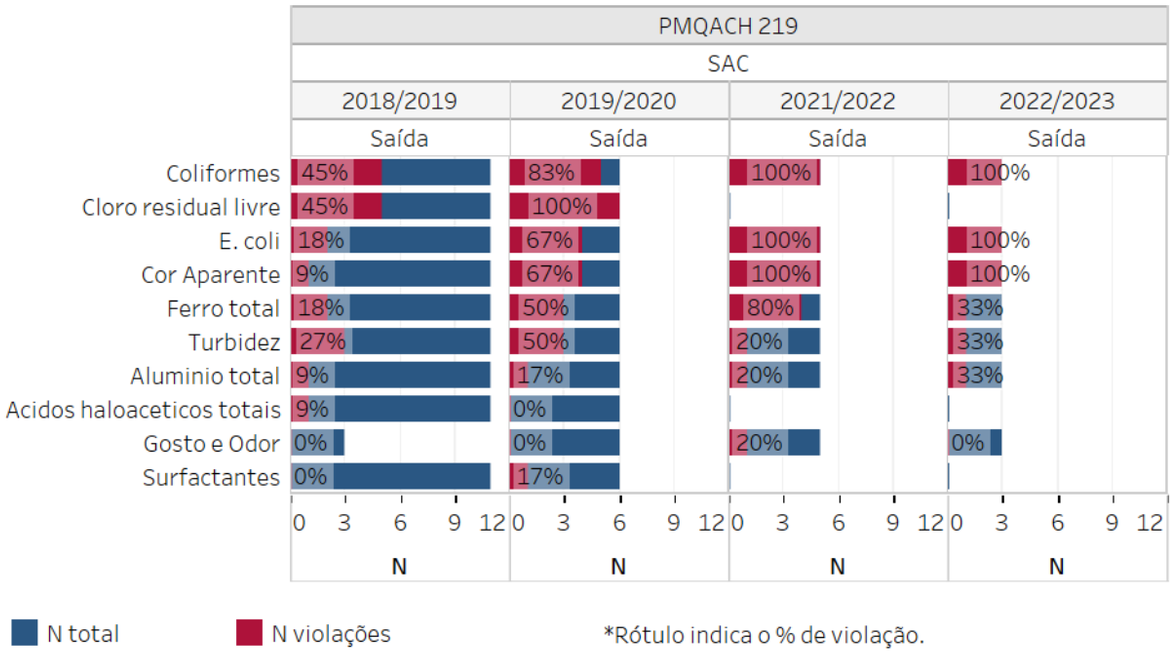
Os parâmetros trihalometanos, chumbo total, pH, surfactantes, cádmio total, ácidos haloacéticos totais, amônia e nitrato apresentaram baixos percentuais de violação (< 3%), não sendo possível identificar padrões sazonais (**Figura 6-7**).

Figura 6-7 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Mariana no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



No município de Mariana, entre os pontos que possuem captação subterrânea, apenas um é do tipo SAC (PMQACH 219) (**Figura 6-8**). Neste ponto coliformes, *E. coli* e cor aparente apresentaram 100% de violação no último período avaliado de 2022/2023 (todas as 3 amostras) (**Figura 6-8**). Destaca-se ainda o ferro total, com 33% de violação também neste período (2022/2023) (1 de 3 amostras). Este resultado do ferro total representa uma redução no percentual desconforme em relação ao período anterior. Turbidez e alumínio total apresentaram 33% de resultados em desconformidade em 2022/2023 (1 de 2 amostras), o que representa um aumento em relação ao período anterior, em que foi observado 20% de violação.

Figura 6-8 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 219, localizado no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

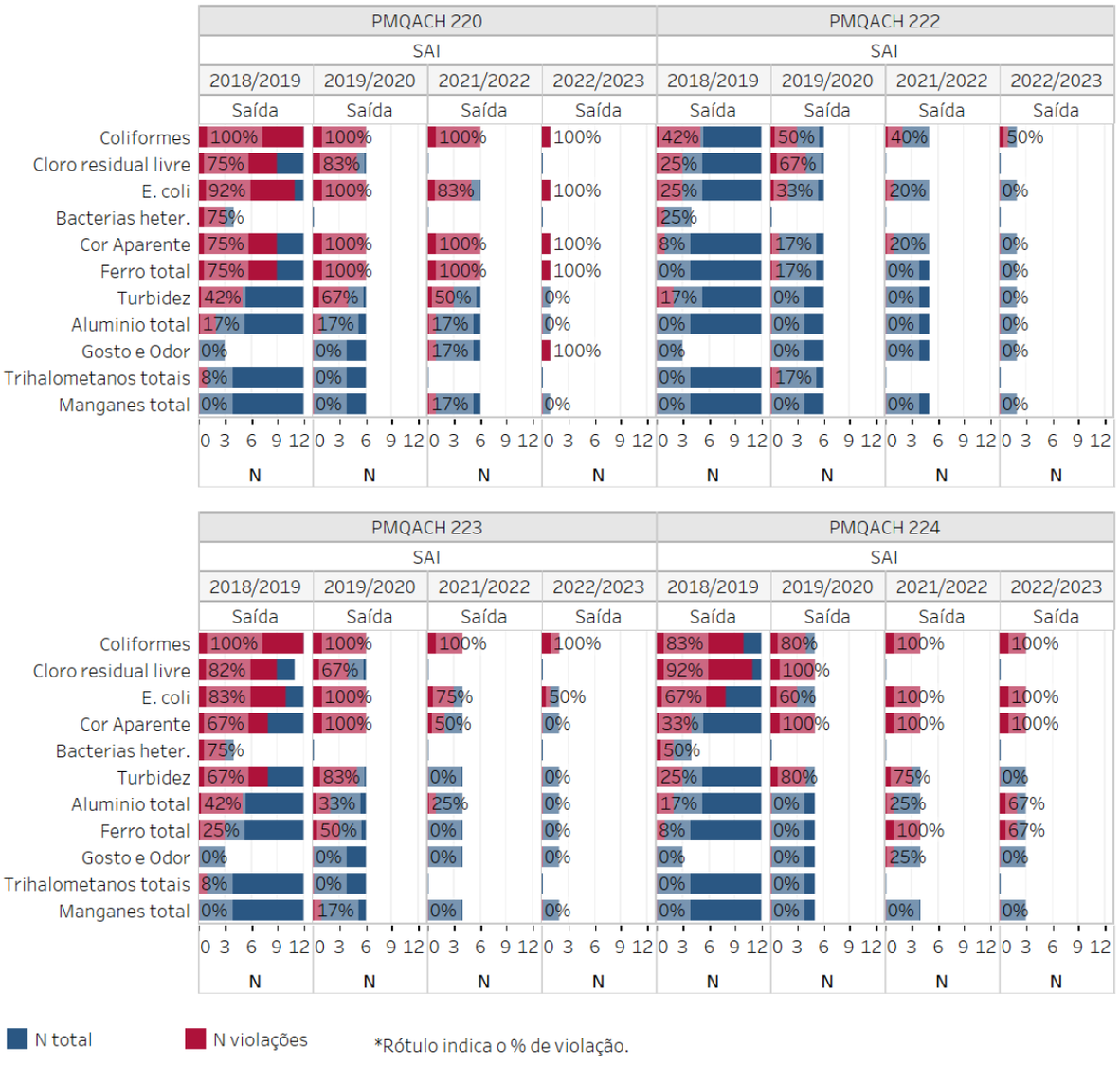
Os pontos PMQACH 220, PMQACH 222, PMQACH 223, PMQACH 224, são do tipo SAI e possuem captação subterrânea. Nesses pontos destacam-se os elevados percentuais de violação em 2022/2023 para coliformes, com 100% das amostras do período em desconformidade em todos os pontos, exceto em PMQACH 222, com 50% de violação (**Figura 6-9**).

No ponto PMQACH 220, além de coliformes, os parâmetros *E. coli*, cor aparente, ferro total e gosto e odor também apresentaram 100% de violações no último período avaliado, em que apenas uma amostragem foi realizada, totalizando 24 campanhas previstas (**Figura 6-9**). No ponto PMQCH 222, apenas coliformes apresentou desconformidade com a legislação (50%, 1 de 2 amostras) (**Figura 6-9**).

Em PMQACH 223, no período de 2022/2023 observou-se redução dos percentuais de violação de parâmetros como *E. coli*, cor aparente e alumínio total, quando comparados ao ciclo anterior em que foram registradas desconformidades para estes parâmetros (**Figura 6-9**).

O ponto PMQACH 224 apresentou 100% de violação para coliformes, *E. coli* e cor aparente em 2022/2023. Ferro total apresentou redução no percentual de violação em 2022/2023 (67%, 2 de 3 amostras) em relação ao período anterior enquanto alumínio total apresentou aumento (67%, 2 de 3 amostras) (**Figura 6-9**). Turbidez e gosto e odor que haviam apresentado desconformidade em 2021/2022, não registraram violações no período atual.

Figura 6-9 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 220, PMQACH 222, PMQACH 223, PMQACH 224, localizados no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Os pontos PMQACH 227, PMQACH 235 e PMQACH 242 também do tipo SAI e com captação subterrânea, apresentaram elevados percentuais de violação para coliformes em 2022/2023 (100%, 100% e 50%, respectivamente) (**Figura 6-10**). No ponto PMQACH 242, no entanto, foi possível observar uma pequena redução dos percentuais de violação dos coliformes no ciclo atual (50%) em relação ao ciclo anterior de 2021/2022 (83%) (**Figura 6-10)**.

No ponto PMQACH 227 destaca-se ainda *E. coli*, ferro total e cor aparente que registraram violação de 50% em 2022/2023 (1 de 2 amostras), o que representa uma redução no percentual desconforme em relação ao período anterior de 2021/2022 (83%, 100% e 83%, respectivamente). Alumínio total também apresento violação de 50% (1 de 2 amostras), no entanto, o resultado representa um aumento em relação ao período anterior (17%). Turbidez e gosto e odor que haviam apresentado desconformidade em 2021/2022, não registraram violações no período atual (**Figura 6-10)**.

No ponto PMQACH 235, além de coliformes, também apresentaram 100% de violação em 2022/2023 os parâmetros ferro total, cor aparente, turbidez, manganês total e gosto e odor (todas as 2 amostras avaliadas no período) (**Figura 6-10)**.

No ponto PMQACH 242, destaca-se ainda *E. coli* com 25% de violação em 2022/2023 (1 de 4 amostras), resultado ligeiramente superior ao do período anterior (17%). Demais parâmetros apresentaram conformidade neste ponto, padrão que se repetiu também no ciclo de 2021/2022 (**Figura 6-10)**.

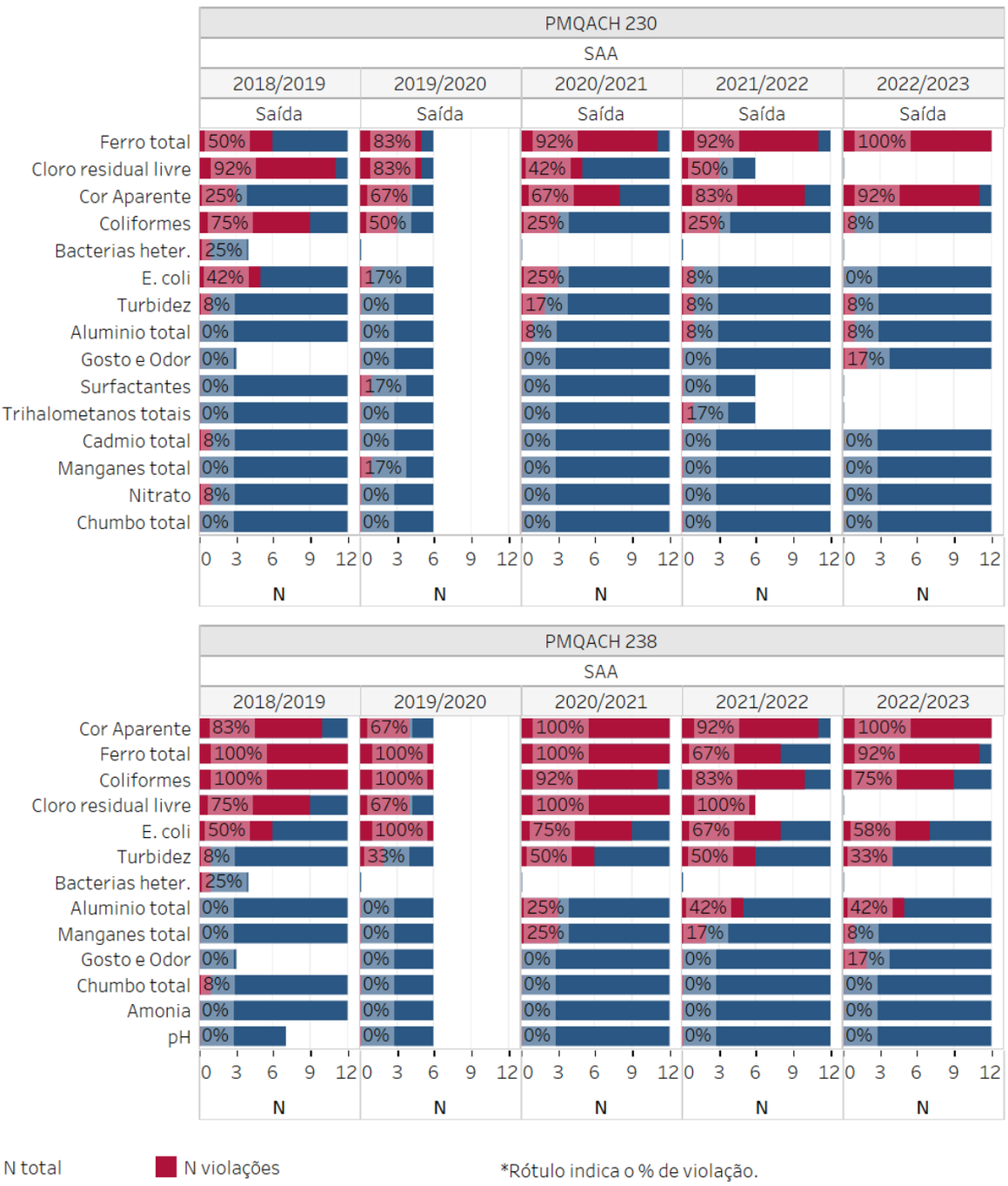
Figura 6-10 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 227, PMQACH 235 e PMQACH 242, localizados no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Os pontos PMQACH 230 e PMQACH 238 possuem captação superficial e são do tipo SAA. No ponto PMQACH 230 os parâmetros com maior percentual de violação foram o ferro total (100%, 12 amostras) e cor aparente (92%, 11 de 12 amostras) em 2022/2023. Ambos os parâmetros tiveram aumento em relação ao último ciclo analisado (**Figura 6-11**). Gosto e odor registrou desconformidade pela primeira vez no monitoramento, em 2022/2023, com percentual de 17% (2 de 12 amostras). Os demais parâmetros (coliformes, turbidez e alumínio total) também violaram os limites preconizados pela legislação, porém seus percentuais foram baixos (8%, 1 de 12 amostras). Nota-se ainda que *E. coli* não apresentou violação aos limites legais no período do 2022/2023, diferente do que vinha apresentando em períodos anteriores (**Figura 6-11).**

Em PMQACH 238, a cor aparente apresentou 100% de violação no ciclo 2022/2023 (todas as 12 amostras) (**Figura 6-11**), similar ao histórico de períodos anteriores. O percentual de violação do ferro total em 2022/2023 (92%, 11 de 12 amostras) sofreu aumento em relação a 2021/2022. Observou-se redução no percentual de violação em relação ao ciclo anterior para os parâmetros: coliformes (75%, 9 de 12 amostras), *E. coli* (58%, 7 de 12 amostras), turbidez (33%, 4 de 12 amostras) e manganês total (8%, 1 de 12 amostras). Por outro lado, observa-se em PMQACH 238, constância no percentual de violação do alumínio total em 2021/2022 e 2022/2023 (42%, 5 de 12 amostras). O parâmetro gosto e odor que não havia até então apresentado desconformidade, em 2022/2023 apresentou 17% de violação (2 de 12 amostras) (**Figura 6-11**).

Figura 6-11 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 230, e PMQACH 238, localizados município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

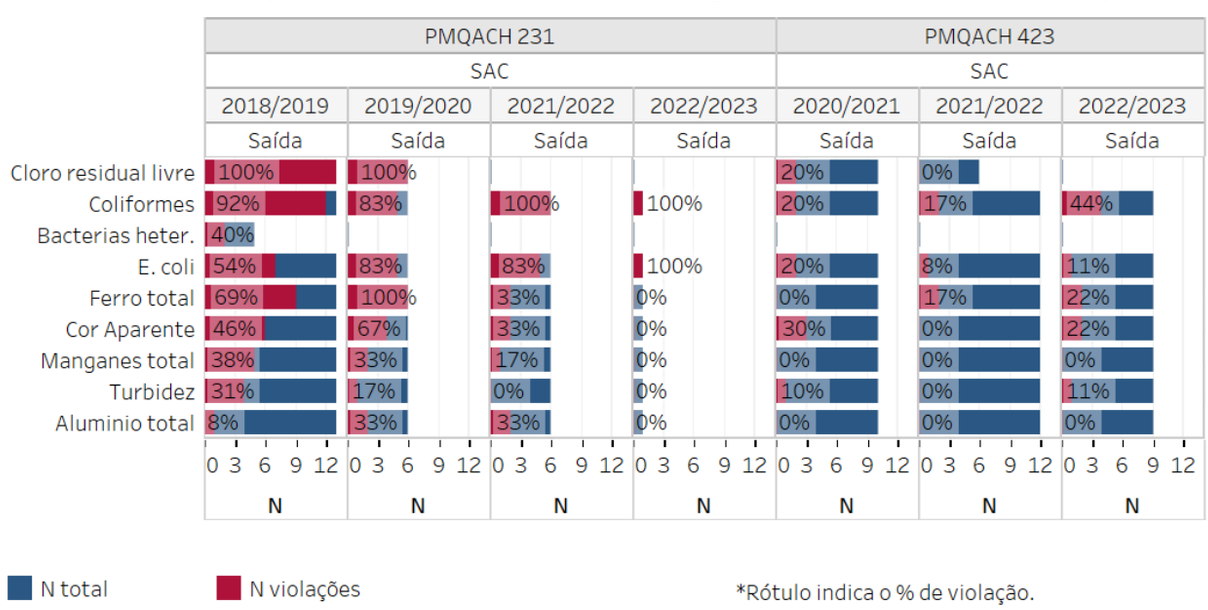


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Os pontos PMQCH 231 e PMQACH 423 possuem captação superficial e são do tipo SAC. O ponto PMQACH 231, em 2022/2023, foi amostrado uma única vez. Nessa amostragem, os parâmetros coliformes e *E. coli* apresentaram 100% de violação. Demais parâmetros cor aparente, ferro total, manganês total e alumínio total não registraram violação no ciclo de 2022/2023 (**Figura 6-12**).

O ponto PMQACH 423 apresentou aumento nos percentuais de violação em 2022/2023 para coliformes (44%, 4 de 9 amostras), cor parente (22%, 2 de 9 amostras) e turbidez (11%, 1 de 9 amostras) em relação a períodos anteriores (**Figura 6-12**). Percentuais de violação para ferro total (22%, 2 de 9 amostras) e *E. coli* (11%, 1 de 9 amostras) em 2022/2023 foram um pouco superiores ao período anterior (**Figura 6-12**).

Figura 6-12 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 231 e PMQACH 423, localizados município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Os pontos PMQACH 246 e PMQACH 417 possuem captação superficial e abastecimento tipo SAA (**Figura 6-13**). Em PMQACH 246 no período 2022/2023, a violação observada para coliformes (100%, 12 amostras analisadas) foi semelhante ao de períodos anteriores. Neste mesmo período, as violações para *E. coli* (92%, 11 de 12 amostras), cor aparente (92%, 11 de 12 amostras), alumínio total (33%, 4 das 12 amostras analisadas) e gosto e odor (25%, 3 de 12 amostras) foram superiores do que aquelas registradas no período anterior. Por outro lado, violações observadas para manganês total (0%) ferro total (50%, 6 de 12 amostras), e turbidez (25%, 3 de 12) amostras registraram diminuição em 2022/2023, em relação ao período anterior (**Figura 6-13**).

Em PMQACH 417, observa-se 83% de violação do parâmetro coliformes em 2022/2023, padrão similar ao de períodos anteriores. Neste período, *E. coli* (42%, 5 de 12 amostras), pH (8%, 1 de 12 amostras), cor aparente (8%, 1 de 12 amostras), ferro total (0%) e alumínio total (0%) apresentaram redução dos percentuais de violação em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-13**).

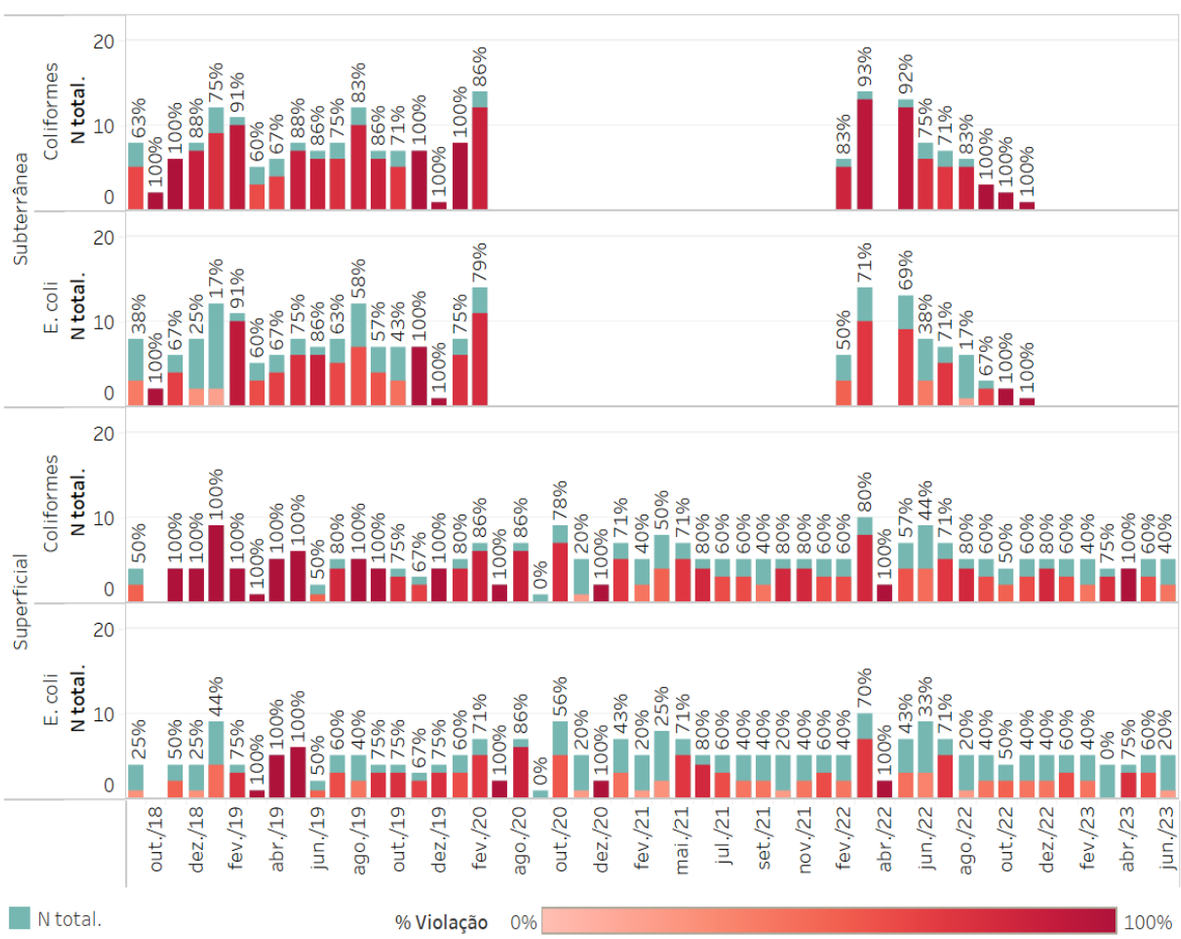
Figura 6-13 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 246 e PMQACH 417 localizados no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.1.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

De modo geral, em todas as formas (superficial ou subterrânea), foi observada a presença de contaminante microbiológico, *E. coli* e coliformes totais, ao longo de todo o período monitorado. Não foi possível observar padrões sazonais (período chuvoso e seco) ou tendências temporais de aumento ou redução dessas ocorrências em águas subterrâneas ou superficiais (**Figura 6-14**).

Figura 6-14 - Série histórica dos resultados qualitativos da presença de coliformes totais e *E. coli* na saída de pontos sem tratamento, no município de Mariana.



No município Mariana, no ciclo 2022/2023, os pontos PMQACH 220 e PMQACH 231 foram monitorados em apenas uma campanha e os pontos PMQACH 222, PMQACH 223, PMQACH 227 e PMQACH 235 foram monitorados em apenas duas campanhas, não sendo possível analisar estatisticamente as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados para estes pontos. Já os demais pontos foram devidamente analisados estatisticamente e o presente ciclo foi comparado com ciclos pretéritos.

Para os demais parâmetros, alguns resultados foram significativos temporalmente, ou seja, com reduções ou aumentos entre os períodos avaliados ($p < 0,05$) (**Figura 6-15**). De maneira geral, nitrato, sólidos dissolvidos totais e turbidez apresentaram redução em diversos pontos em 2022/2023 ($p < 0,05$) (**Figura 6-15**). Por outro lado, bário total (PMQACH 219, 230 e 423) e dureza total (PMQACH 219, 224 e 246) apresentaram padrões de aumento ($p < 0,05$) (**Figura 6-15**). Os demais parâmetros apresentaram tendências de redução ou aumento pontualmente.

Figura 6-15 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Bário Total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 219		↑			↑			↓			↑		
PMQACH 224					↑	↑		↓				↓	
PMQACH 230		↑	—		—	—		↓	↓	↓			↑
PMQACH 238	↑		—		—					↓		↓	
PMQACH 242						↓	↓	↓		↓		↓	
PMQACH 246			—		↑		—	—		—		↓	
PMQACH 417			↑		—	—	↓	↓		↓		↓	—
PMQACH 423		↑					—					—	

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, ressaltam-se os parâmetros cor aparente, manganês total e turbidez que apresentaram resultados elevados durante o período chuvoso em diversos pontos monitorados (**Figura 6-16**). Além desses, alumínio total, bário total e ferro total também exibiram concentrações mais elevadas durante o período chuvoso, porém de maneira pontual em determinados pontos (PMQACH 227, 238 e 246). Por outro lado, durante o período seco nota-se maiores concentrações dos parâmetros bário total (PMQACH 224 e 417), ferro total (PMQACH 223 e 224), pH (PMQACH 246) e sódio total (PMQACH 238) (**Figura 6-16**). O ponto PMQACH 242 não apresentou diferença significativa entre o período chuvoso e seco para nenhum parâmetro (**Figura 6-16**).

Figura 6-16 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Bário Total	Cor aparente	Ferro total	Manganês total	pH	Sódio total	Turbidez
PMQACH 219			●					●
PMQACH 220			●		●			●
PMQACH 222			●					●
PMQACH 223			●	●	●			●
PMQACH 224		●		●				●
PMQACH 227	●		●		●			●
PMQACH 230			●					
PMQACH 231					●			
PMQACH 235			●					
PMQACH 238		●					●	●
PMQACH 242								
PMQACH 246		●		●	●	●		●
PMQACH 417		●			●			●
PMQACH 423								●

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.2 - Barra Longa

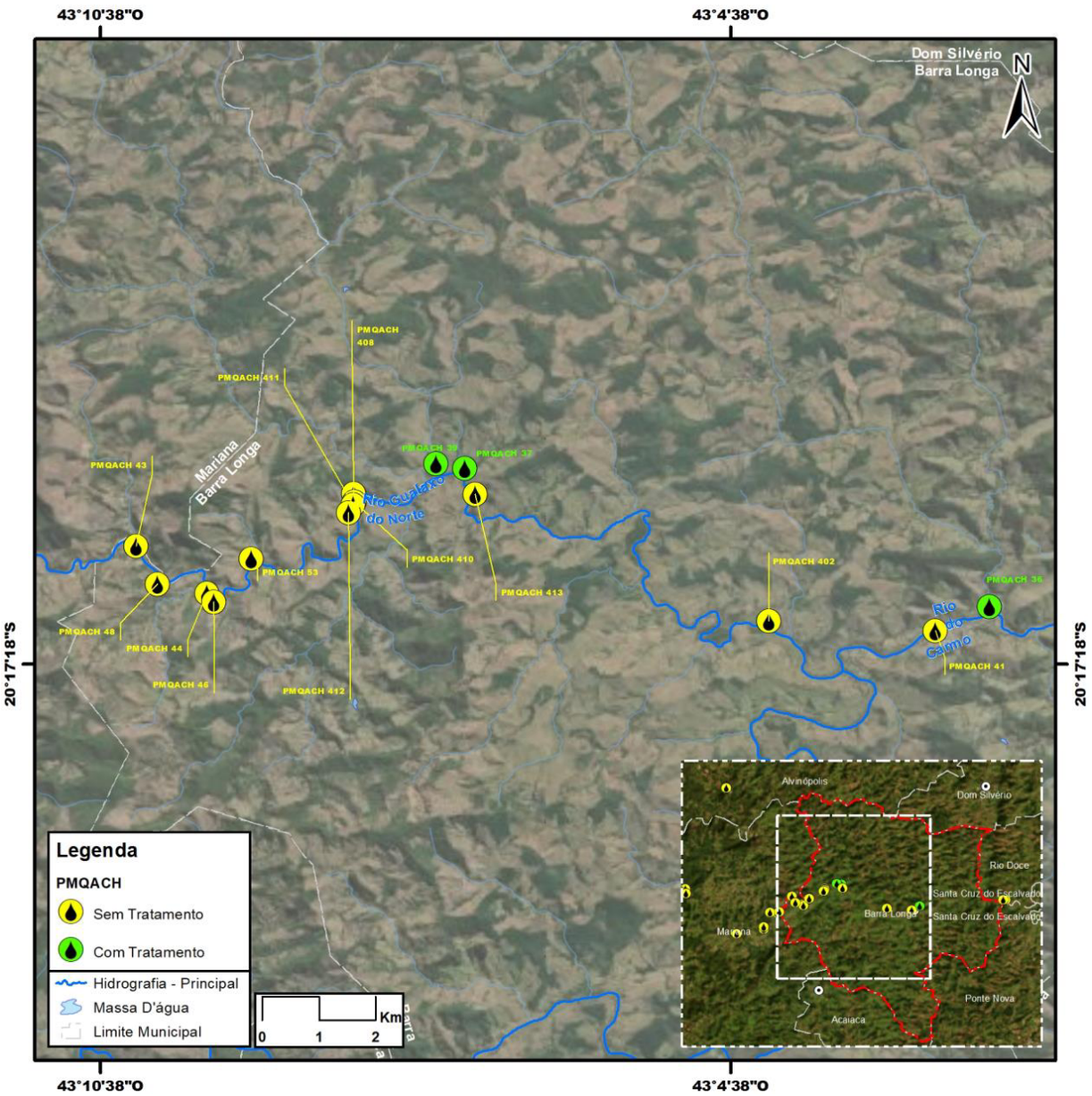
No município de Barra Longa-MG, foram considerados os 15 (quinze) pontos de monitoramento. Três pontos são do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA), sendo que dois deles - PMQACH 37 e PMQACH 39 - pertencem ao mesmo sistema. Os demais não possuem tratamento de água e são do tipo Soluções Alternativas Individuais (SAI) (**Figura 6-17** e **Quadro 6-2**). A partir de janeiro/2022, após a 1ª Revisão bianual do PMQACH, pontos com tratamento deixaram de ser monitorados na pós-filtração.

Quadro 6-2 - Características dos pontos do município de Barra Longa considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 36	Superficial	SAA	Sim	Captação, Pós-filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 37	Subterrânea	SAA	Sim	Captação	CONAMA n° 396/2008	Ativo
PMQACH 39	Subterrânea	SAA	Sim	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 41 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/11/2022
PMQACH 43 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 44 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 46 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 48 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 53 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 402 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		16/04/2023
PMQACH 408	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 410 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/06/2023
PMQACH 411 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/06/2023
PMQACH 412 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/06/2023
PMQACH 413 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/06/2023

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-17 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Barra Longa-MG.



6.2.1 - Pontos sem tratamento

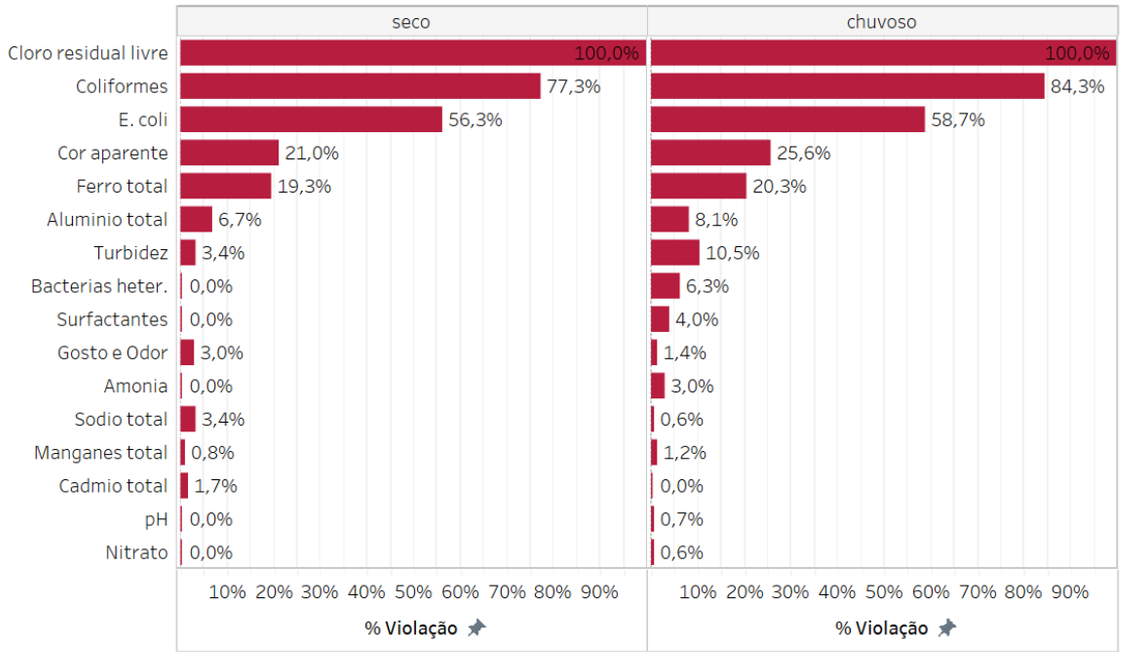
6.2.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Barra Longa-MG, os parâmetros cloro residual livre, coliformes e *E. coli* se destacaram por apresentarem os maiores percentuais de violação dos limites legais (**Figura 6-18**). O cloro residual livre apresentou 100% de violação para ambos os períodos analisados (período chuvoso e seco). No entanto, é importante ressaltar que, com a primeira revisão bianual do PMQACH em janeiro de 2022, esse parâmetro deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais de violação se referem ao período anterior à essa revisão.

Tanto coliformes (77,3% de violação no período seco, 84,3% no período chuvoso) quanto *E. coli* (56,3% de violação no período seco, 58,7% no período chuvoso) apresentaram elevados percentuais de violação nos dois períodos sazonais. A presença *E. coli* nas amostras indica relação com contaminação fecal da água provenientes de esgoto doméstico ou criação de animais. Embora contemple um grande grupo de bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, a presença de coliformes também é em alerta para possível exposição da fonte a focos de poluição ou contaminação. Ademais, o plano da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021) apontou coliformes como parâmetro prioritário para gestão da qualidade da água. Cerca de 40% do município de Barra Longa não possui esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010), ocupando a 461ª posição no ranking de esgotamento sanitários adequado entre os municípios de Minas (sendo que a primeira posição corresponde ao munícipio com a maior taxa) (IBGE, 2010) (**Figura 6-18**).

Os demais parâmetros tiveram percentual de violação < 30% para os chuvosos e secos. Os parâmetros bactérias heterotróficas, surfactantes, amônia, pH e nitrato somente apresentaram desconformidade no período chuvoso e cádmio total, somente no período seco (**Figura 6-18)**.

Figura 6-18 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Barra Longa-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

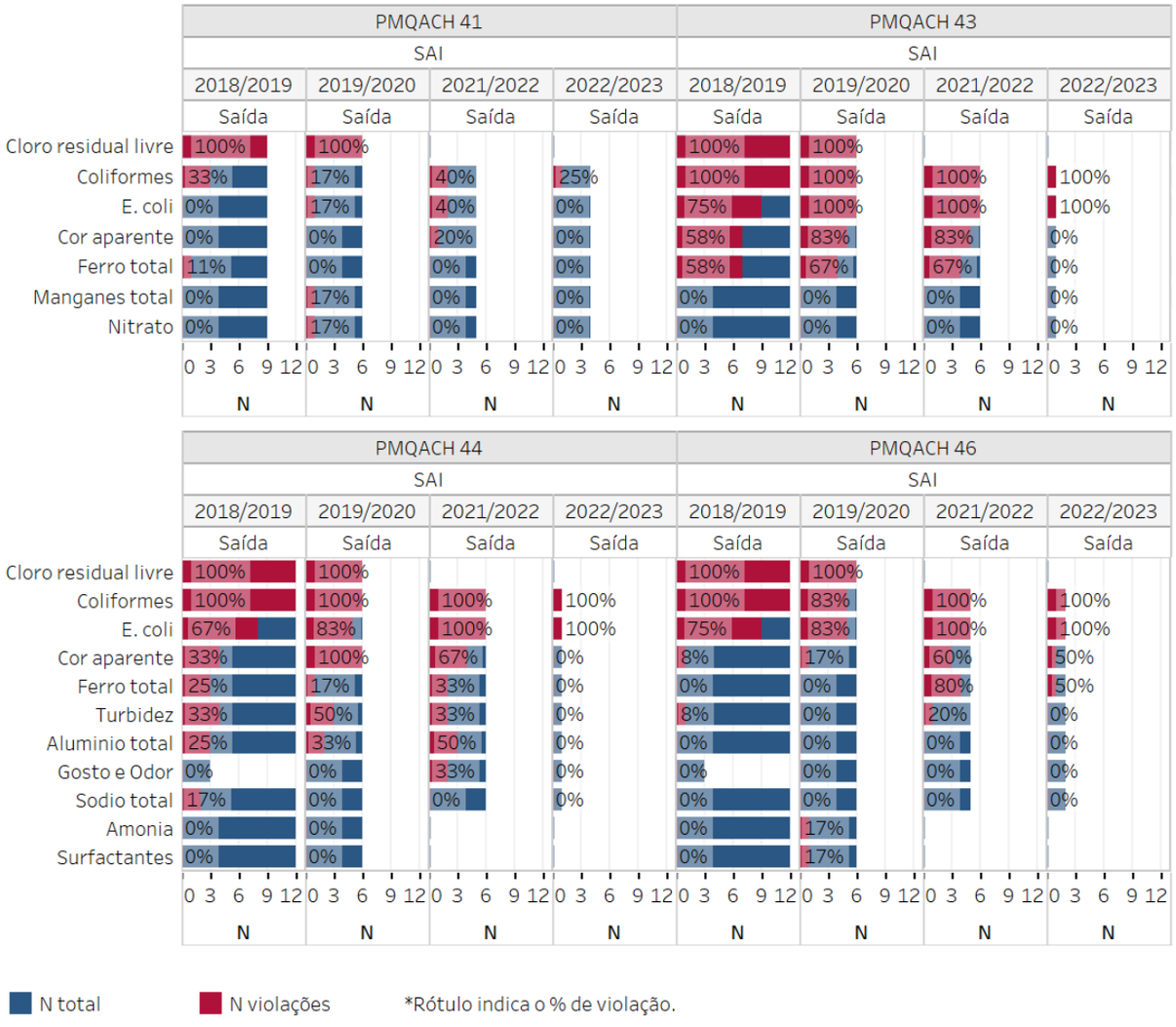


No município de Barra Longa, os pontos sem tratamento possuem captação subterrânea e são do tipo SAI. Para os pontos apresentados na **Figura 6-19,** os dois parâmetros com maiores percentuais de violação no último período amostrado (2022/2023) foram coliformes e *E. coli*, exceto em PMQACH 41(**Figura 6-19**)

Entre os pontos avaliados na Figura 6-19, PMQACH 41 foi o que apresentou os menores percentuais de violação. Em 2022/2023, apenas coliformes apresentou desconformidade (25%, 1 de 4 amostras), resultado que representou uma redução em relação ao período anterior (**Figura 6-19**).

Os pontos PMQACH 43 (1 amostragem), PMQACH 44 (1 amostragem) e PMQACH 46 (2 amostragens), apresentaram 100% de desconformidade para coliformes e *E. coli* em 2022/2023, padrão este observado também em períodos anteriores (**Figura 6-19**). Além destes parâmetros, destaca-se ainda no ponto PMQACH 46, violação de 50% (1 de 2 amostras) para cor aparente e ferro total no último ciclo (**Figura 6-19**).

Figura 6-19 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 41, PMQACH 43, PMQACH 44 e PMQACH 46 localizados no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

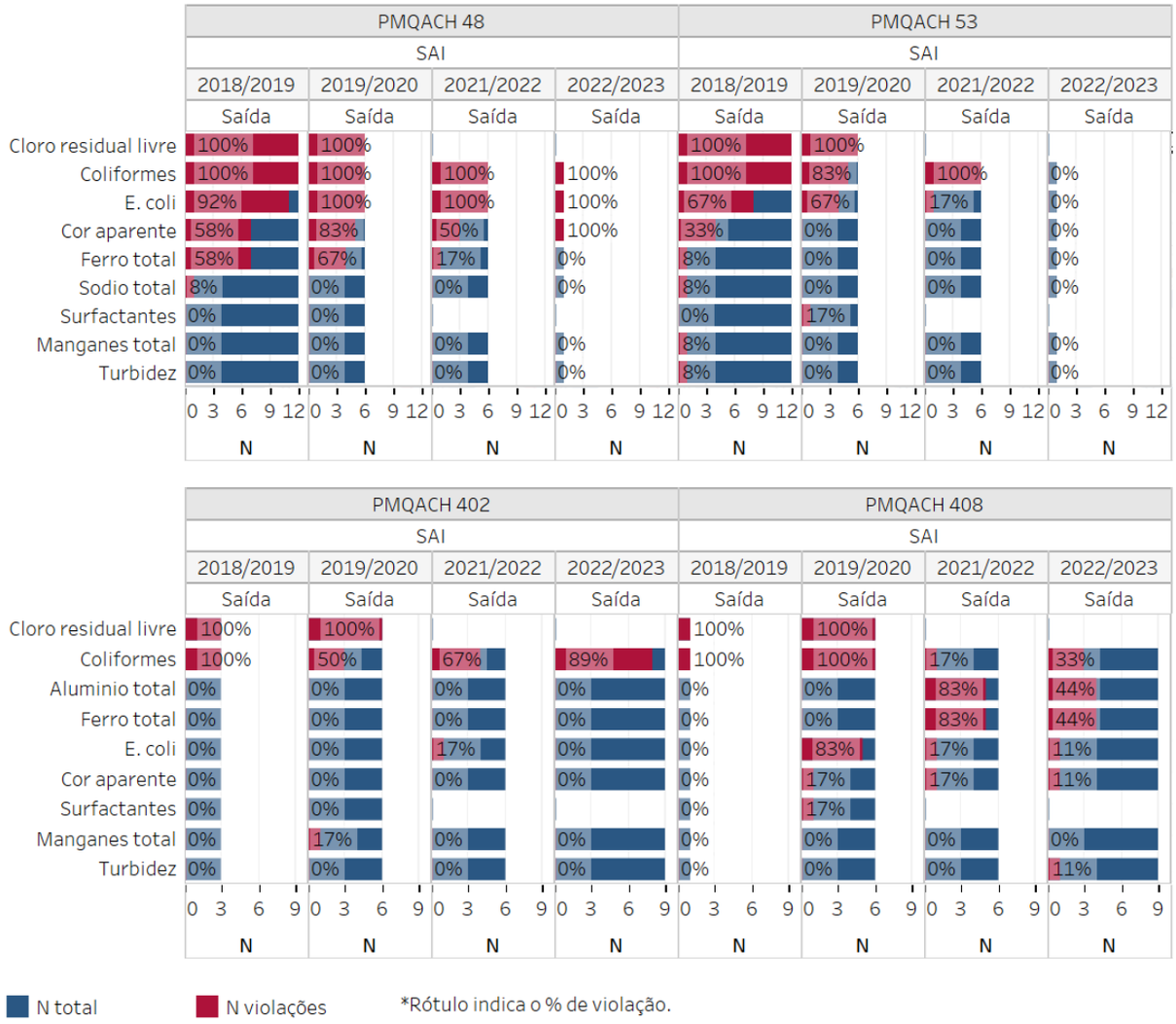
No ponto PMQACH 48, na única amostragem de 2022/2023, coliformes, *E. coli* e cor aparente apresentaram desconformidade (100%, 1 amostra), padrão observado em períodos anteriores (**Figura 6-20**).

Em PMQACH 53, todos os parâmetros estiveram em conformidade na única amostragem realizada em 2022/2023 (**Figura 6-20**).

Em PMAQCH 402, coliformes apresentou violação em 8 das 9 amostragens realizadas no último ciclo avaliado (89%), sendo que os demais parâmetros apresentaram conformidade com a legislação (**Figura 6-20**).

Em PMQACH 408, coliformes apresentou 33% de violação no último ciclo de 2022/2023 (3 de 9 amostras) (**Figura 6-20**). Alumínio total e ferro total apresentaram 44% de violação no último ciclo (4 de 9 amostras), resultado que representa uma redução em relação ao período anterior (83%, 5 de 6 amostras, em 2021/2022). *E. coli*, cor aparente e turbidez apresentaram violação pontual em 1 das 9 amostras do período de 2022/2023 (11%) (**Figura 6-20**).

Figura 6-20 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 48, PMQACH 53, PMQACH 402 e PMQACH 408 localizados no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

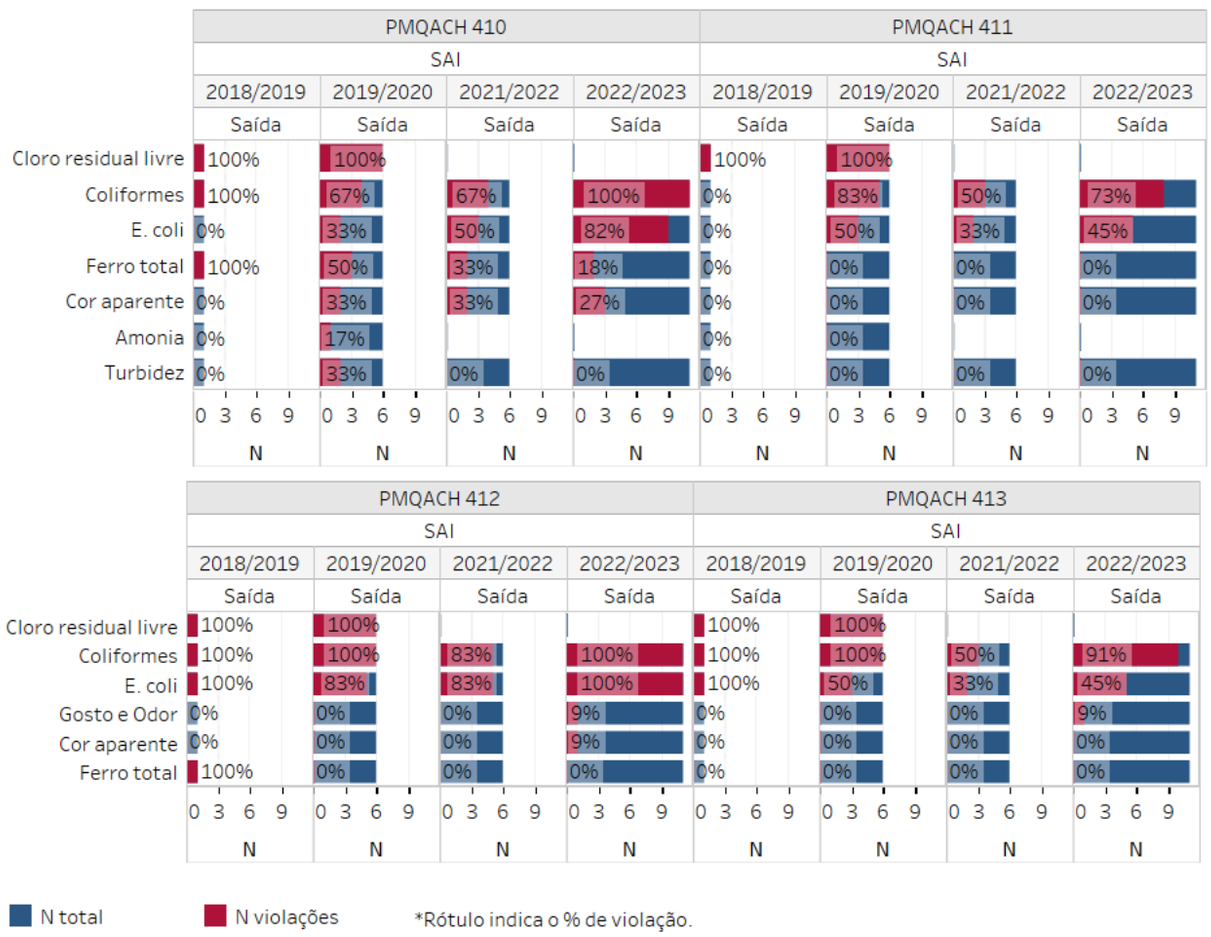
Em 2022/2023, no ponto PMQACH 410, coliformes apresentou 100% de violação (todas as 11 amostras do período) (**Figura 6-21**), o que representou um aumento em relação ao período anterior. Assim como *E. coli*, cujos 82% de violação observados em 2022/2023 (9 de 11 amostras), evidenciam um aumento ao longo dos períodos desde o início do monitoramento. Ainda considerando o período de 2022/2023, ferro total (18%, 2 de 11 amostras) e cor aparente (27%, 3 de 11 amostras) apresentaram pequena redução no percentual desconforme em relação ao período anterior (**Figura 6-21**).

Em PMACH 411, coliformes apresentou 73% de violação (8 de 11 amostras) e *E. coli* 45% (5 de 11 amostras) em 2022/2023, resultados que representam um aumento em relação ao período anterior (**Figura 6-20**).

Em PMQACH 412, todas as 11 amostragens do período de 2022/2023 estiveram em desconformidade com a legislação para coliformes e *E. coli* (100%, 11 amostras). Neste período, gosto e odor e cor aparente apresentaram, pela primeira vez no monitoramento, desconformidade em 1 das 11 amostradas avaliadas no período (9%) (**Figura 6-21**).

Por fim, em PMQACH 413, em 2022/2023, coliformes apresentou 91% de violação (10 de 11 amostras) e *E. coli* 45% (5 de 11 amostras), resultados que representam em aumento em relação ao período anterior. De modo pontual, em apenas 1 das 11 amostras, gosto e odor aparece pela primeira vez no monitoramento, em desconformidade (9%) (**Figura 6-21**).

Figura 6-21 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 410, PMQACH 411, PMQACH 412 e PMQACH 413 localizados no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

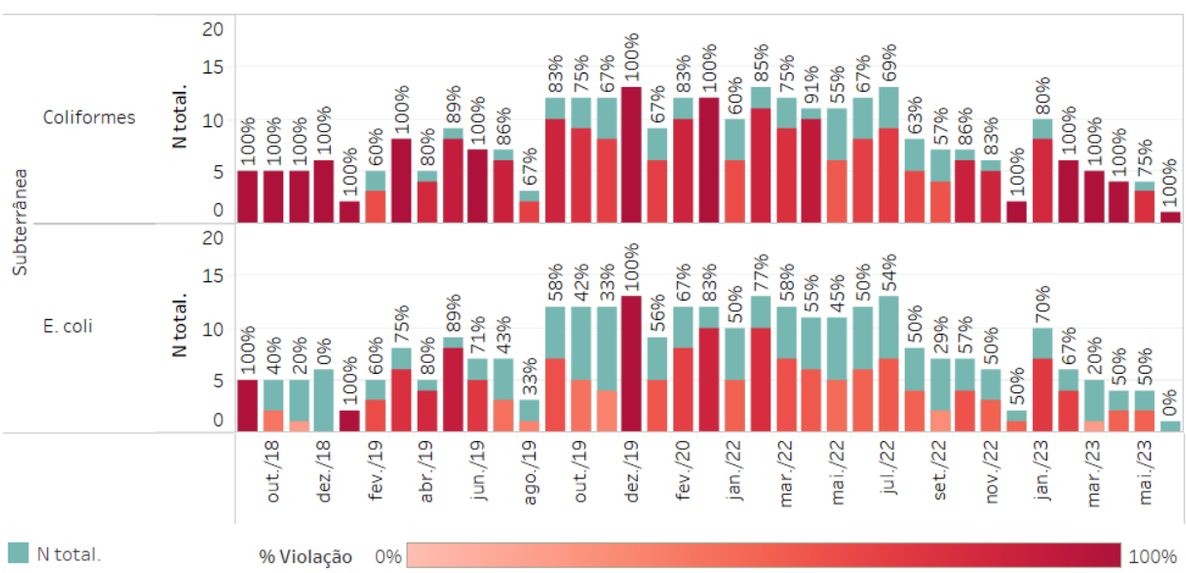


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.2.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída dos pontos sem tratamento foi possível observar a presença de coliformes e *E. coli* em todos os meses de monitoramento, exceto dezembro/2018 e junho/2023, meses em que não foram registradas a presença de *E. coli* (**Figura 6-22**). Devido a ocorrência frequente de coliformes e *E. coli* não foi possível identificar um padrão temporal e sazonal claro na variação de ambos os parâmetros nos pontos sem tratamento (**Figura 6-22**).

Figura 6-22 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Barra Longa-MG.



No município de Barra Longa, no ciclo 2022/2023, o ponto PMQACH 46 foi monitorado em apenas duas campanhas e os pontos PMQACH 43, PMQACH 44, PMQACH 53 e PMQACH 48 foram monitorados em apenas uma campanha, não sendo possível analisar estatisticamente as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados para estes pontos. Já os pontos PMQACH 41, 402, 408, 410, 411, 412 e 413 foram devidamente analisados estatisticamente e o presente ciclo foi comparado com ciclos pretéritos.

De maneira geral, o ano 2022/2023 apresentou um padrão de redução das concentrações de turbidez e sólidos dissolvidos totais na maioria dos pontos sem tratamento do município ($p < 0,05$) (**Figura 6-23**). Além destes, cabe ressaltar reduções pontuais de alumínio total (PMQACH 402), dureza total (PMQACH 410 e 412), cor aparente (PMQACH 412), ferro total (PMQACH 408 e 413) e manganês total (PMQACH 410 e 413) ($p < 0,05$) (**Figura 6-23**). Aumentos foram observados no ponto PMQACH 411 e 412 para as concentrações de manganês total, no ponto PMQACH 41 e PMQACH 410 para nitrato e no ponto PMQACH 411 e 413 para sódio total ($p < 0,05$) (**Figura 6-23**). Além desses, foi observado pontualmente, aumento nos parâmetros dureza total (PMQACH 402), cor aparente (PMQACH 411) e zinco total (PMQACH 41) ($p < 0,05$) (**Figura 6-23**).

Figura 6-23 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Dureza total	Cloreto total	Cor aparente	Ferro total	Manganês total	Nitrato	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 41							↑		↓	↓	↑
PMQACH 402	↓	↑							—	—	
PMQACH 408	—				↓				—		—
PMQACH 410		↓				↓	↑		↓	↓	
PMQACH 411				↑		↑		↑	↓	↓	
PMQACH 412		↓		↓		↑			↓		
PMQACH 413					↓	↓		↑	↓	↓	

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, foram poucos os parâmetros e pontos que apresentaram resultados significativos ($p < 0,05$) (**Figura 6-24**). No ponto PMQACH 43 os parâmetros cor aparente e turbidez, apresentaram maiores concentrações durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-24**). Também no período chuvoso, são observados valores mais elevados de cor aparente, dureza total, ferro total e manganês total no ponto PMQACH 44 ($p < 0,05$) (**Figura 6-24**).

Pontualmente, observa-se valores mais elevados durante o período chuvoso para sódio total no ponto PMQACH 41, turbidez nos pontos PMQACH 410 e 412, e durante o período seco, de sólidos dissolvidos totais no ponto PMQACH 413 ($p < 0,05$) (**Figura 6-24**). Além disso, no ponto PMQACH 46, o período chuvoso apresentou maiores concentrações para cloreto total, dureza total e sódio total, e no ponto PMQACH 411 nos valores de turbidez e sólidos dissolvidos totais ($p < 0,05$) (**Figura 6-24**). Nos pontos PMQACH 48, 53, 402 e 408 não foram observadas variações sazonais.

Figura 6-24 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Turdidez	Sódio total	SDT
PMAQCH 41							●	
PMQACH 43		●				●		
PMQACH 44		●	●	●	●			
PMQACH 46	●		●				●	
PMQACH 48								
PMQACH 53								
PMQACH 402								
PMQACH 408								
PMQACH 410						●		
PMQACH 411						●		●
PMQACH 412						●		
PMQACH 413								●

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.2.2 - Pontos com tratamento

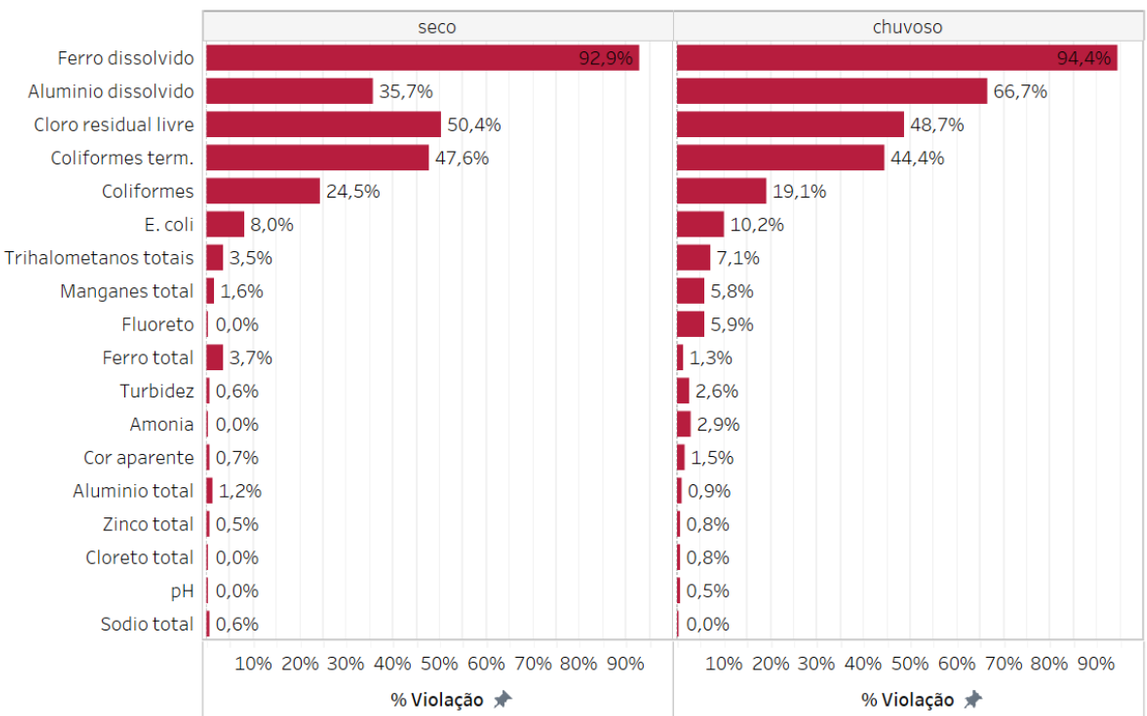
6.2.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

No município de Barra Longa-MG, nos pontos monitorados que passaram por tratamento de água, 3 parâmetros apresentaram violações acima de 50% nos períodos seco ou chuvoso, sendo eles ferro dissolvido (92,9% no período seco e 94,4% no período chuvoso), alumínio dissolvido (35,7% no período seco, 66,7% no período chuvoso) e cloro residual livre (50,4% no período seco, 48,7% no período chuvoso) (**Figura 6-25**). As concentrações de cloro residual livre, de maneira geral, violaram o limite inferior legal, o que é causado pela baixa concentração de cloro na água.

O ferro dissolvido apresentou mais de 90% de violação do limite legal para ambos os períodos analisados (**Figura 6-25**). Apesar da elevada concentração desse parâmetro na água, é importante destacar que parte dessa concentração pode ser explicada pela origem natural do ferro, que ocorre nas rochas e solos da bacia do rio Doce e contribuem com o elevado teor de ferro nas águas (PIRH Doce, 2021).

Com exceção de alumínio dissolvido, que apresentou maior percentual de violação no período chuvoso em relação ao período seco, os demais parâmetros não apresentaram um padrão sazonal claro. Nota-se que boa parte dos parâmetros que apresentaram desconformidade, não ultrapassaram 5% de violação (**Figura 6-25**).

Figura 6-25 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento no município de Barra Longa-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



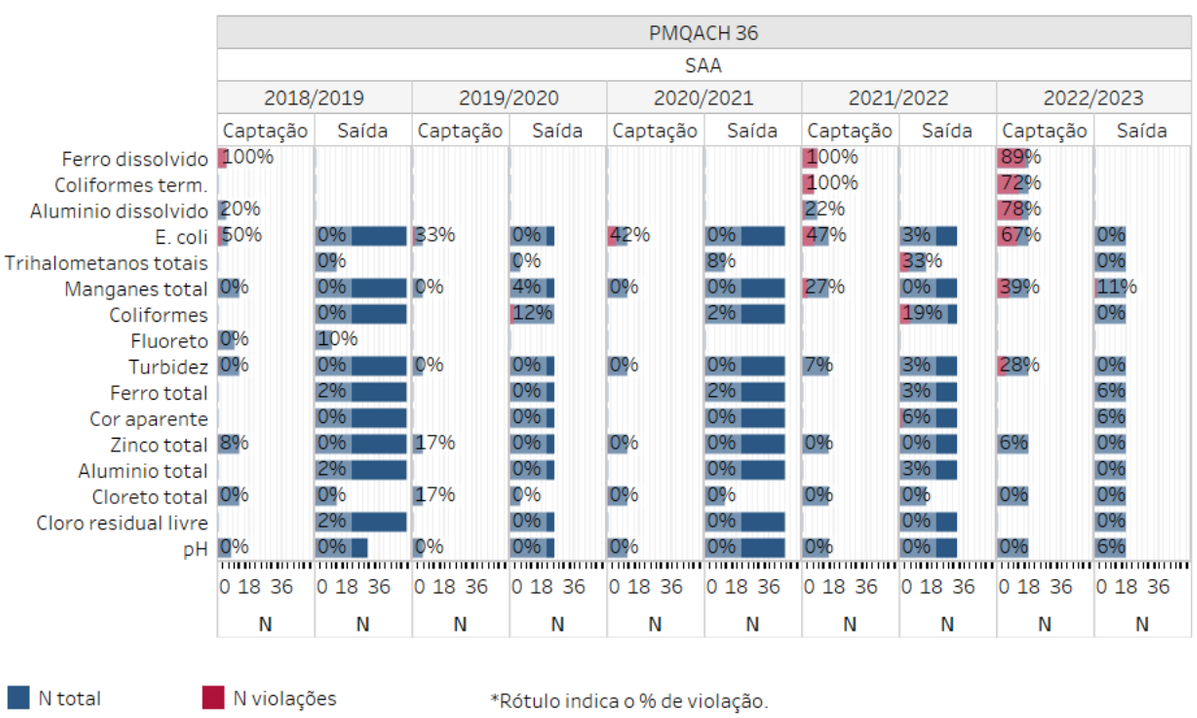
O ponto PMQACH 36 possui tratamento de água, captação superficial e abastecimento tipo SAA.

No ciclo de 2022/2023, na captação, este ponto apresentou 89% de violação para ferro dissolvido (16 de 18 amostras) e 72% para coliformes termotolerante (13 de 18 amostras), resultados que representam uma pequena redução em relação ao ciclo anterior em que ambos os parâmetros apresentaram 100% de violação. Alumínio dissolvido registrou no último período 78% de violação (14 de 18 amostras), superando o percentual desconforme observado no período anterior (22%) (**Figura 6-26**).

Ainda em 2022/2023, *E. coli* apresentou 67% de desconformidade na captação (12 de 18 amostras) e nenhuma violação na saída do ponto, indicando eficiência no processo de descontaminação de microrganismos. Manganês total apresentou violação de 39% na captação (7 de 18 amostras) e 11% de violação na saída do tratamento (2 de 18 amostras). Turbidez apresentou 28% de violação (5 de 18 amostras) e zinco total 6% na captação (1 de 18 amostras). Ambos, no entanto, apresentaram conformidade na saída no tratamento (**Figura 6-26**). Por outro lado, pH que apresentou conformidade na captação, registrou violação pontual na saída do tratamento (6%, 1 de 18 amostras) (**Figura 6-26**).

Monitorados somente na saída do tratamento, conforme legislação aplicável, ferro total e cor aparente apresentaram violação pontual de 6% (1 de 18 amostras) (**Figura 6-26**).

Figura 6-26 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 36 localizado no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



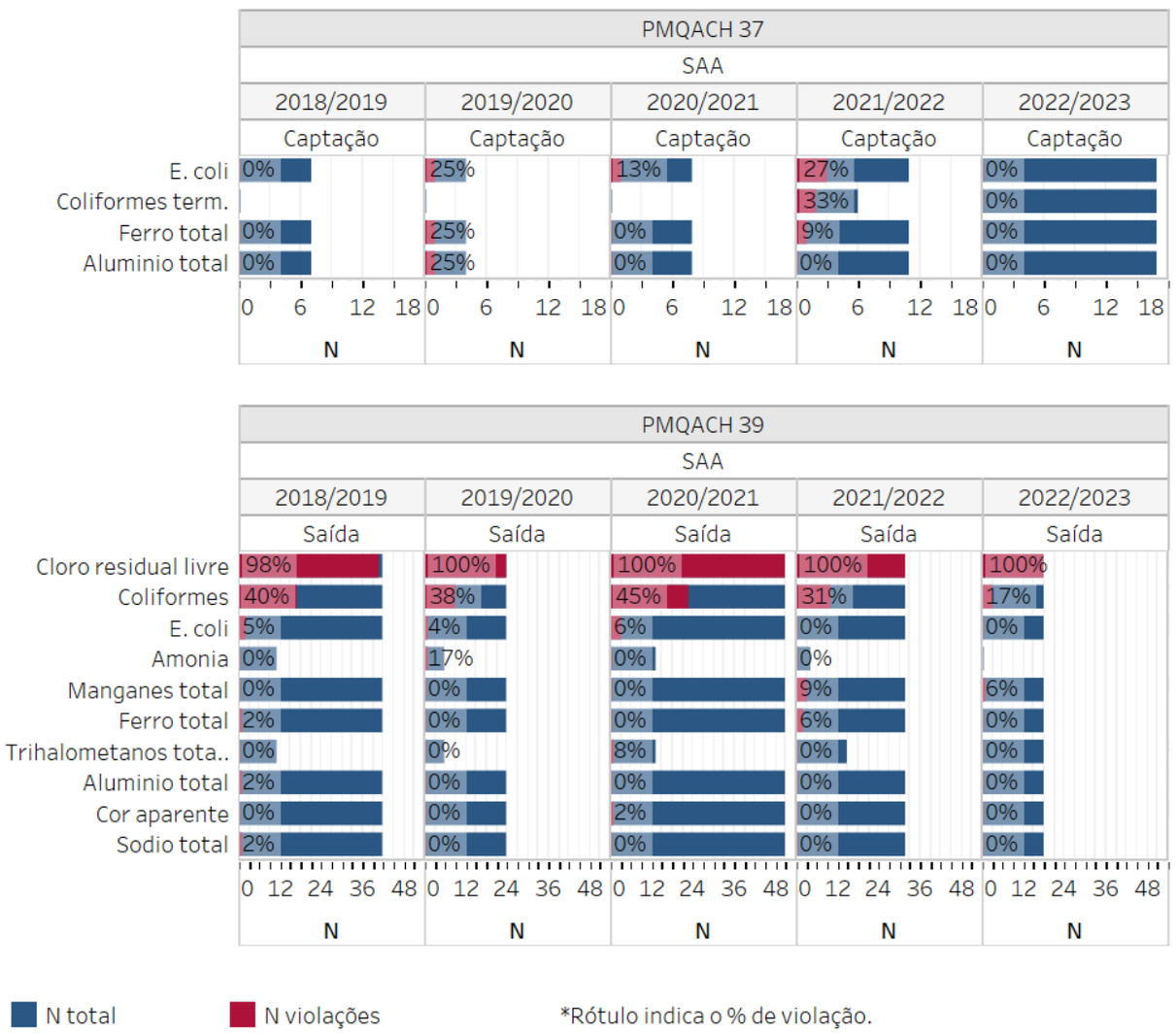
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Os pontos PMQACH 37 e PMQACH 39 compõem o mesmo SAA, sendo que o PMQACH 37 é a captação subterrânea e o PMQACH 39 é a saída.

Na captação (ponto PMQACH 37) em 2022/2023 todos os parâmetros monitorados apresentaram conformidade nas 17 amostragens realizadas no período (**Figura 6-27**).

Considerando parâmetros monitorados exclusivamente na saída do tratamento (PMQACH 39), em 2022/2023, observa-se violação de 100% para cloro residual (todas as 18 amostras), tal como observado nos últimos ciclos. Coliformes apresentou violação de 17% em 2022/2023 (3 de 18 amostras), o que representa uma redução em relação aos períodos anteriores (**Figura 6-27**). Manganês total apresentou violação pontual de 6% em 2022/2023 (1 de 18 amostras) (**Figura 6-27**).

Figura 6-27 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 37 e PMQACH 39 localizados no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

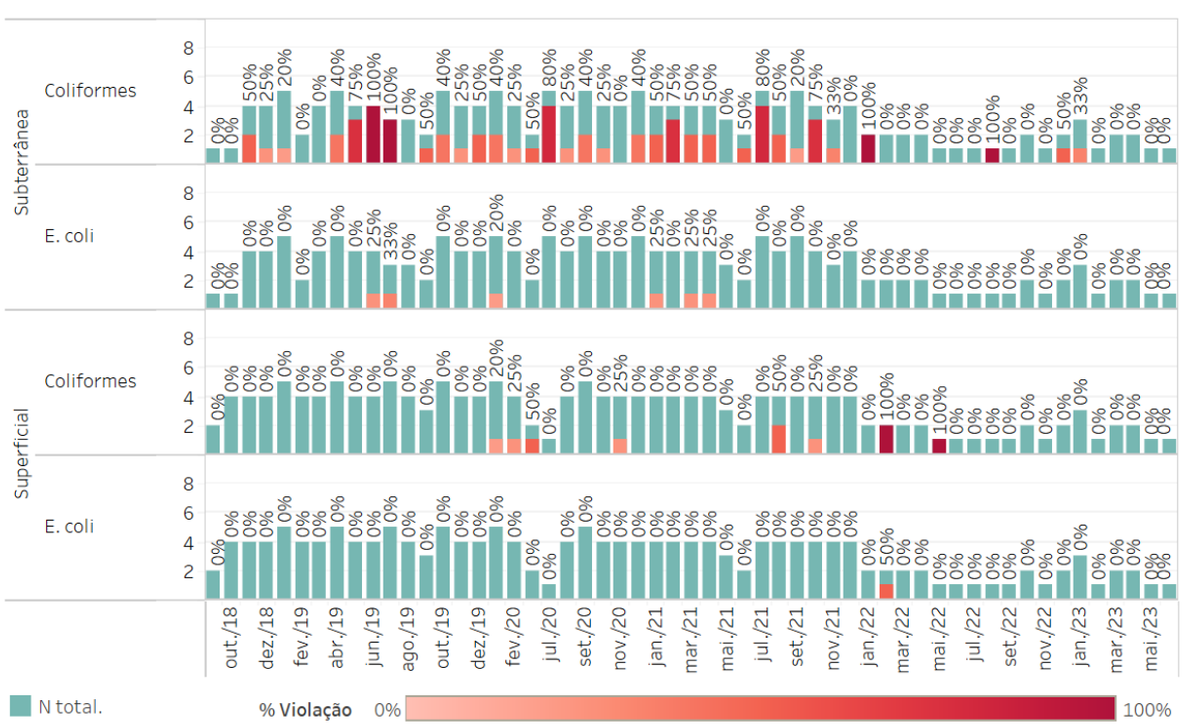
6.2.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída do ponto de captação subterrânea, PMQACH 39, a presença de coliformes foi registrada principalmente entre os meses de novembro/2018 e janeiro/2022 (**Figura 6-28**). O elevado percentual de coliforme neste ponto chama atenção por se tratar de um ponto com tratamento de água. A partir de fevereiro/2022, as desconformidades para este parâmetro foram pontuais. Neste ponto, a presença de *E. coli* foi registrada para 6 dos 55 meses monitorados (**Figura 6-28**).

Na saída do ponto de captação superficial, PMQACH 36, a presença de coliformes e *E. coli* foi pontual. Coliformes foram registrados em apenas 8 dos 55 meses monitorados. E, *E. coli* foi presente apenas na amostragem de fevereiro/2022 (**Figura 6-28**).

Não foi possível identificar um padrão temporal para os percentuais de violação desses dois parâmetros em águas superficiais ou subterrâneas (**Figura 6-28**).

Figura 6-28 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* dos pontos com tratamento localizados no município de Barra Longa-MG, e sua variação entre período chuvoso e seco.



No ponto PMQACH 36, nota-se aumento das concentrações de manganês total e turbidez e uma diminuição nas concentrações de sólidos dissolvidos totais, tanto na captação como na saída do último período avaliado ($p < 0,05$) (**Figura 6-29**). Além disso, nota-se na captação do ponto PMQACH 36, uma redução nas concentrações de dureza total, ferro total e nitrato em contraste a um aumento de sódio total. Já na saída, é observado aumento nas concentrações de ferro total e nitrato ($p < 0,05$) (**Figura 6-29**).

Na captação do ponto PMQACH 37 e na saída do ponto PMQACH 39, observa-se uma redução nas concentrações dos parâmetros ferro total, sólidos dissolvidos totais e zinco total, e um aumento nas concentrações de cloreto total. Além disso, o ponto PMQACH 37 apresentou diminuição na concentração de manganês total e o ponto PMQACH 39 um aumento na concentração de nitrato ($p < 0,05$) (**Figura 6-29**).

Figura 6-29 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Dureza total	Cloreto total	Cor aparente	Ferro total	Manganês total	Nitrato	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 36	Captação			↓			↓	↑	↓	↓	↑	↑	—
	Saída			—			↑	↑	↑	↓		↑	—
PMQACH 37	Captação	—	—		↑		↓	↓	—	↓			↓
PMQACH 39	Saída	—			↑		↓		↑	↓			↓

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, foram poucos os parâmetros e pontos que apresentaram resultados significativos ($p < 0,05$) (**Figura 6-30**). Os parâmetros bário total, manganês total e turbidez apresentaram concentrações maiores durante o período chuvoso tanto na captação como na saída do ponto PMQACH 36.

Ademais, também na captação e saída do ponto, nota-se aumento na concentração de dureza total durante o período de seca e somente na saída, aumento na concentração de sólidos dissolvidos totais no período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-30**). Já nos pontos PMQACH 37 e PMQACH 39, observa-se que os valores de cloreto total apresentaram resultados superiores durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-30**).

Figura 6-30 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Bário total	Cloreto total	Dureza total	Manganês total	SDT	Turbidez
PMQACH 36	Captação	●		●	●		●
	Saída	●		●	●	●	●
PMQACH 37	Captação		●				
PMQACH 39	Saída		●				

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.3 - Rio Doce

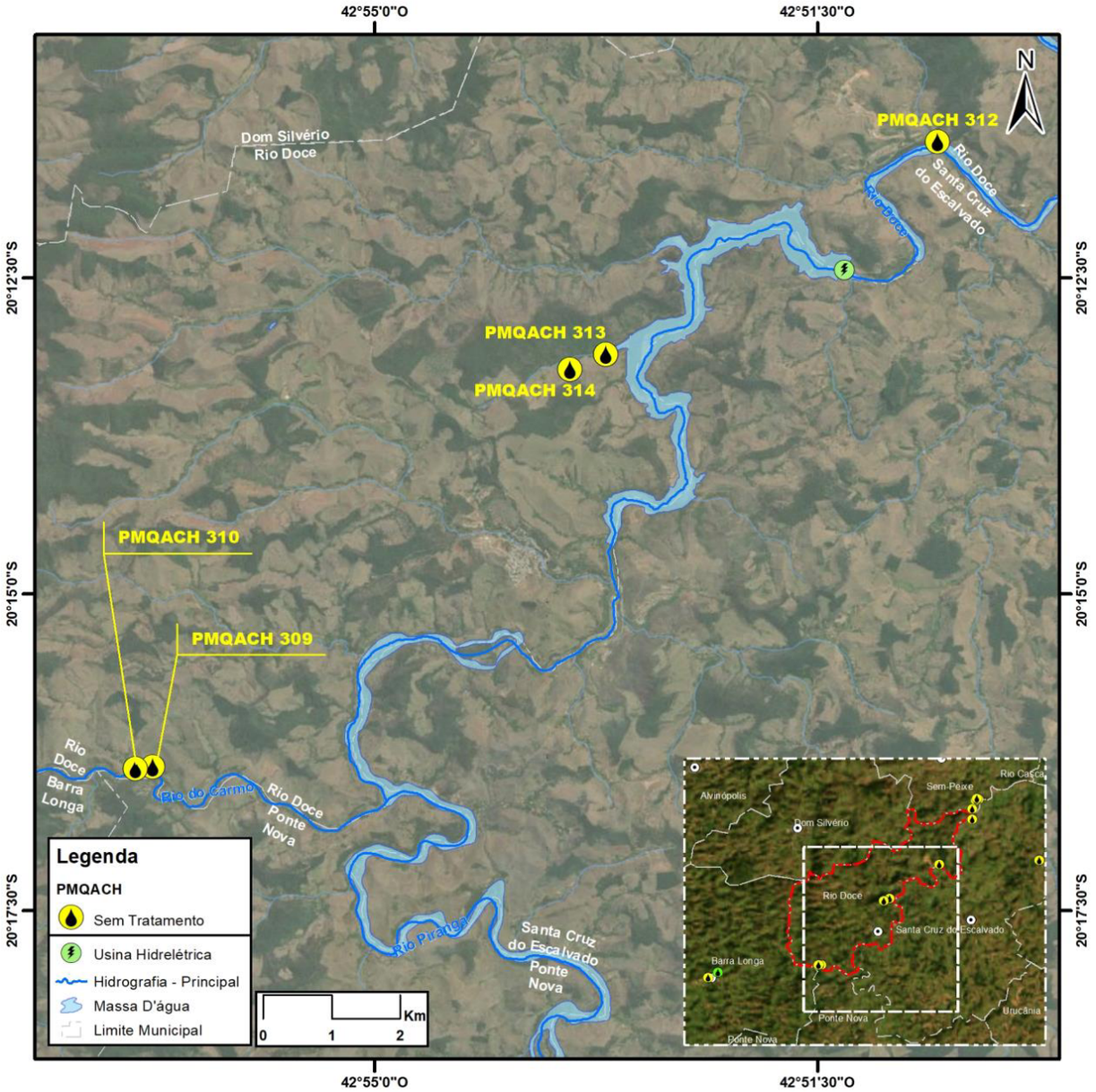
No município de Rio Doce - MG, foram considerados os 05 (cinco) pontos de monitoramento, todos sem tratamento de água, sendo três do tipo Soluções Alternativas Individuais (SAI) e dois do tipo Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) (**Figura 6-31** e **Quadro 6-3**).

Quadro 6-3 - Características dos pontos do município de Rio Doce considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 309 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/09/2022
PMQACH 310 (1)	Superficial	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 312 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/11/2022
PMQACH 313	Subterrânea	SAA	Não	Saída		Ativo
PMQACH 314	Subterrânea	SAA	Não	Saída		Ativo

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-31 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Rio Doce - MG.



6.3.1 - Pontos sem tratamento

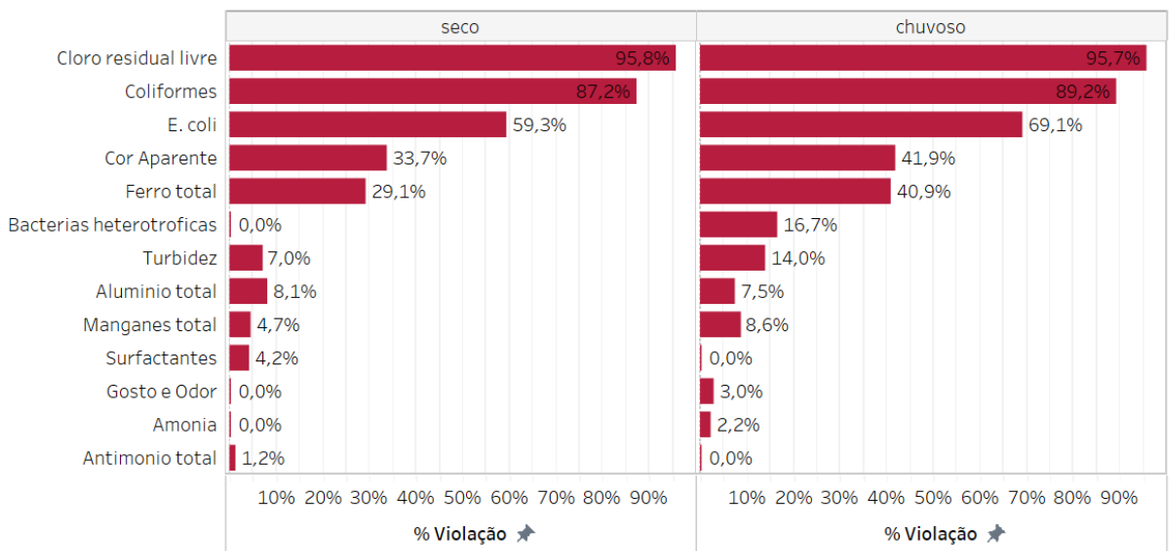
6.3.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Rio Doce - MG, os parâmetros com maiores percentuais de violação foram cloro residual livre e coliformes (ambos acima de 80% nos dois períodos), *E. coli*, cor aparente e ferro total (**Figura 6-32**). Cloro residual livre violou o limite legal em 95,8% no período seco e 95,7% no período chuvoso. Reforça-se, no entanto, que com a primeira revisão bianual do PMQACH, a partir de janeiro de 2022 o cloro residual livre deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais de violação observados referem-se ao período pretérito à esta revisão.

O cloro residual livre violou, na maioria dos casos, o limite inferior legal devido à baixa concentração observada para este parâmetro na água, o que era esperado por se tratar de pontos sem tratamento. O cloro é um dos principais componentes utilizados no tratamento de água, sendo eficiente na remoção de microrganismos da água. A baixa concentração ou inexistência de cloro em pontos sem tratamento de água, pode explicar os elevados percentuais de violação para coliformes (87,2% no período seco e 89,2% no período chuvoso) e *E. coli* (59,3% no período seco e 69,1% no período chuvoso) (**Figura 6-32**). Devido à relação direta com qualidade de água, estes dois parâmetros são indicados como prioritários para gestão na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). Cerca de 74,2% do município de Rio Doce possui esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010). Comparando-o com os municípios de Minas Gerais (um total de 853 municípios), Rio Doce ocupa a 290ª posição entre os municípios com maior taxa de esgotamento sanitário, sendo que a 1ª posição corresponde ao município com a maior taxa de esgotamento sanitário.

Apresentaram violações apenas no período chuvoso os parâmetros bactérias heterotróficas (16,7%), amônia (2,2%) e gosto e odor (3%), enquanto os surfactantes (4,2%) e antimônio total (1,2%) violaram os limites legais somente no período seco (**Figura 6-32**).

Figura 6-32 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento no município de Rio Doce - MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

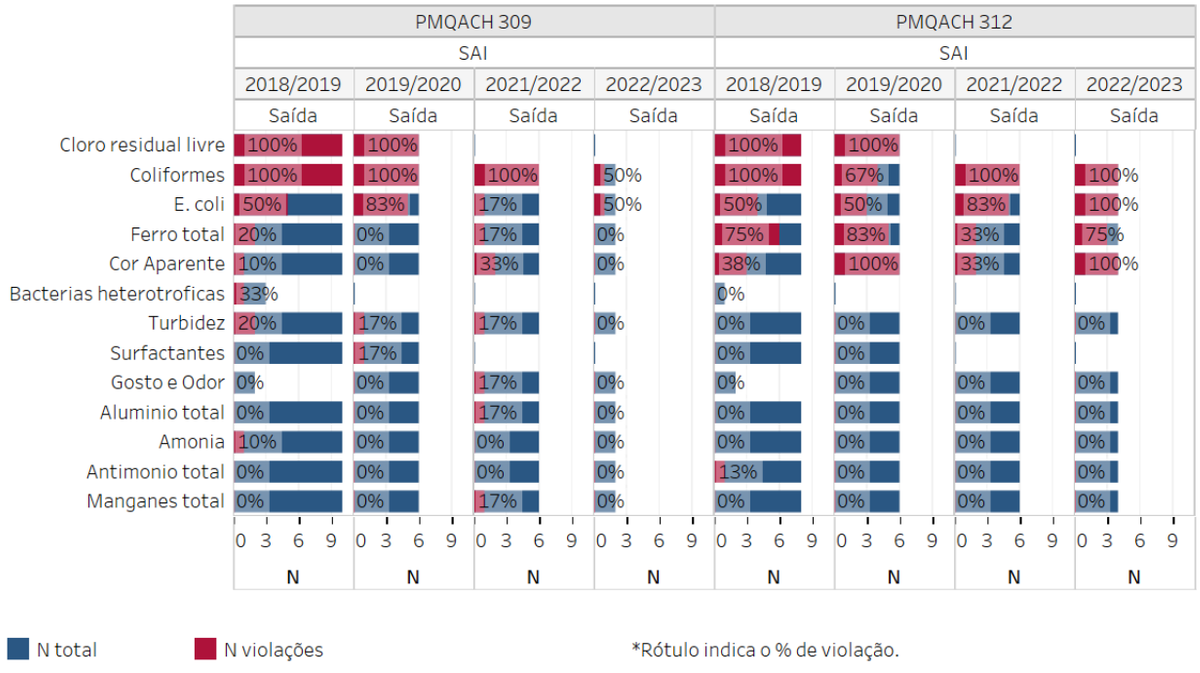


Os pontos sem tratamento são separados de acordo com o tipo de captação e a forma de abastecimento. Os pontos PMQACH 309 e 312 possuem captação subterrânea e abastecimento tipo SAI. O ponto PMQACH 310 possui captação superficial e abastecimento tipo SAI.

No último ciclo (2022/2023), o ponto PMQACH 309 apresentou violação apenas para coliformes e *E. coli*, em 1 das 2 amostras avaliadas no período (50%). Demais parâmetros apresentaram conformidade no último ciclo avaliado (**Figura 6-33**).

O ponto PMQACH 312 apresentou, no último ciclo, violação para 4 parâmetros, tal como observado nos períodos anteriores do monitoramento. Coliformes, *E. coli* e cor aparente apresentaram desconformidade em todas as 4 amostras avaliadas em 2022/2023 (100%) e ferro total em 3 das 4 amostras avaliadas (75%) (**Figura 6-33**).

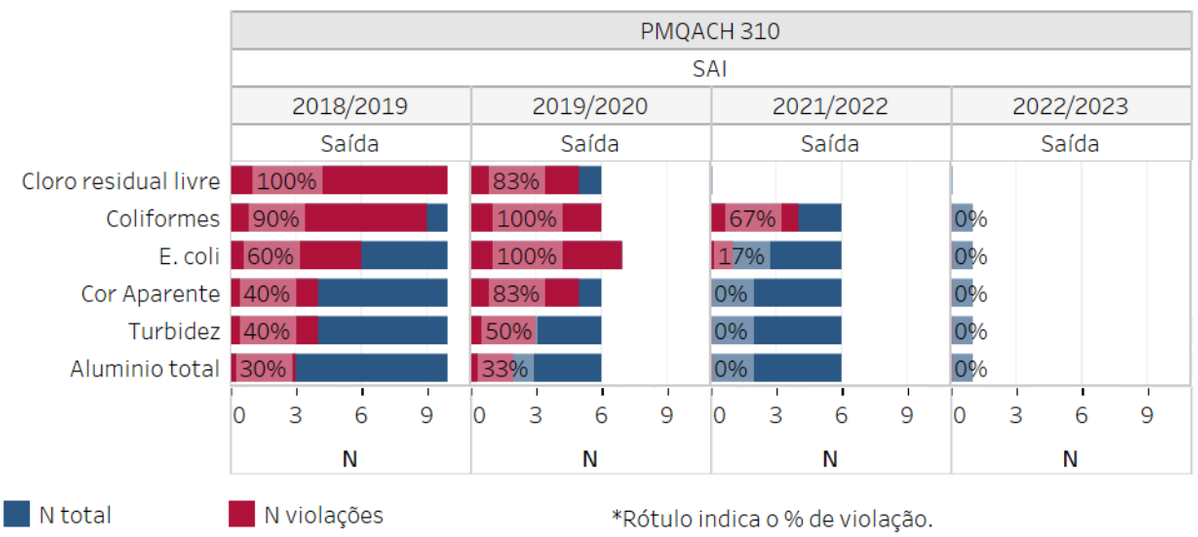
Figura 6-33 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 309 e PMQACH 312 localizados no município de Rio Doce - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

O ponto PMQACH 310 não apresentou desconformidade para nenhum parâmetro avaliado em 2022/2023 na única amostragem realizada (**Figura 6-34**).

Figura 6-34 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 310 localizado no município de Rio Doce - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



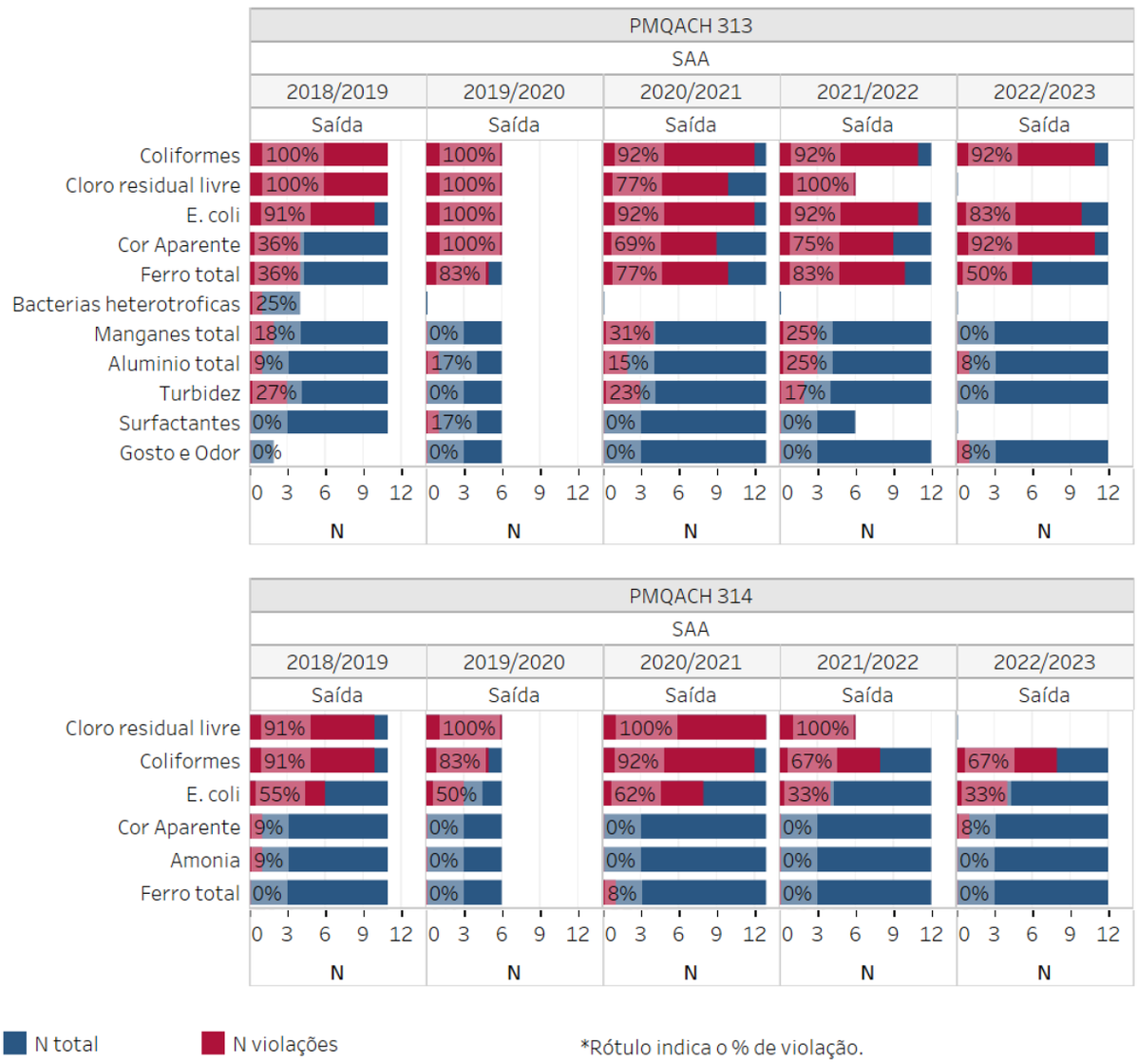
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Os pontos PMQACH 313 e 314 possuem captação subterrânea e abastecimento tipo SAA.

Em 2022/2023, o ponto PMQACH 313 apresentou percentuais de violação acima de 80% para os parâmetros coliformes, *E. coli* e cor aparente. Nesse mesmo período, as concentrações de ferro total estiveram acima dos limites legais em metade das amostras avaliadas (50%, 6 de 12 amostras), enquanto alumínio total e gosto e odor, apresentaram desconformidade pontual (8%, 1 de 12 amostras) (**Figura 6-35**).

No ponto PMQACH 314, em 2022/2023, os percentuais de violação observados para coliformes (67%, 8 de 12 amostras) e *E. coli* (33%, 4 de 12 amostras) foram exatamente os mesmos do período anterior. No último ciclo, 2022/2023, cor aparente apresentou violação pontual em 1 das 12 amostras avaliadas (8%) (**Figura 6-35**).

Figura 6-35 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 313 e PMQACH 314 localizados no município de Rio Doce - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

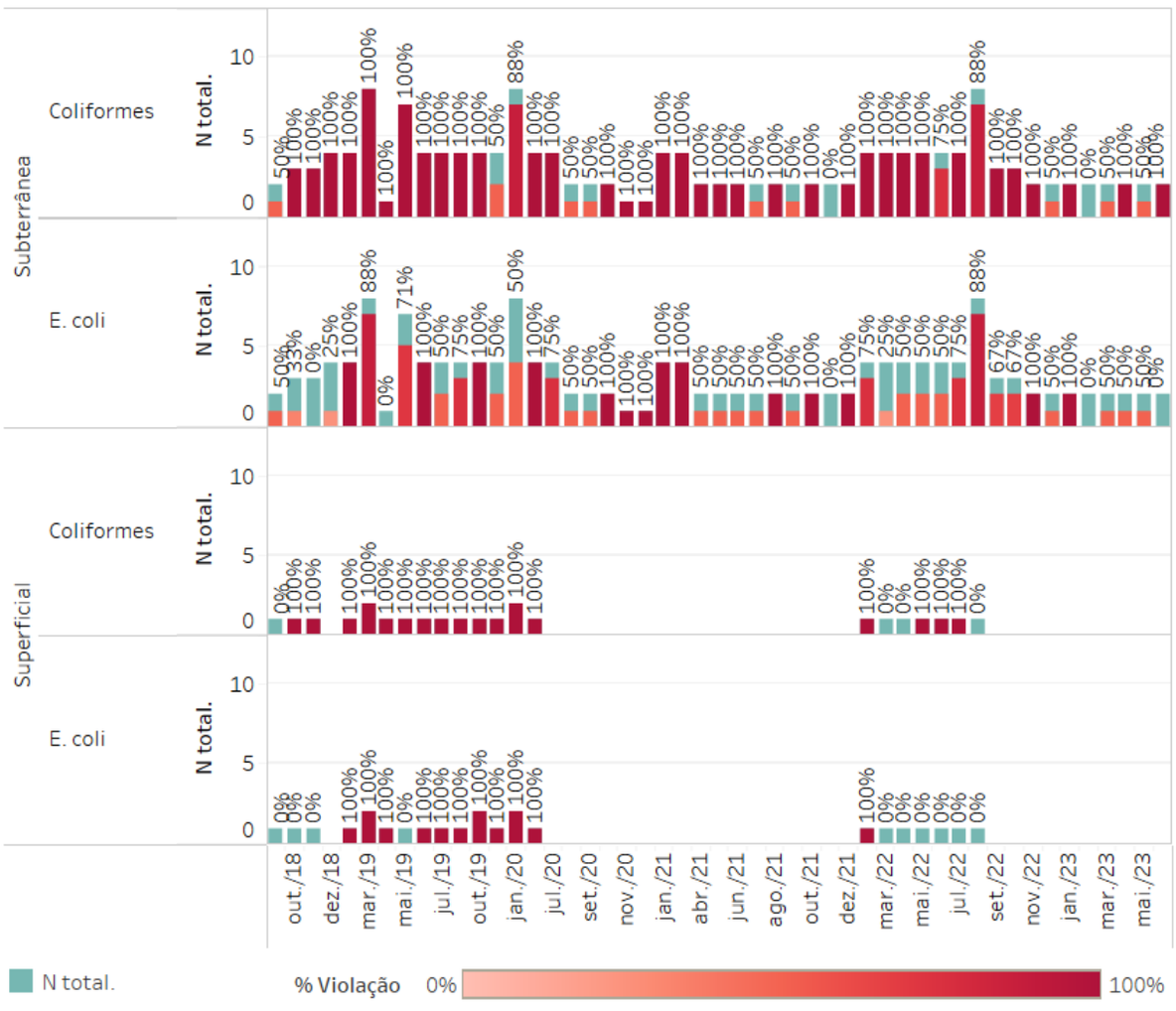


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.3.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Os pontos sem tratamento com captação subterrânea e superficial tiveram a presença de coliformes e *E. coli* durante todo o período de monitoramento (**Figura 6-36**). Para os pontos de captação subterrânea, somente novembro/2021 e fevereiro/2023 não registraram a presença de coliformes. Para *E. coli*, ainda nesses pontos, apenas os meses de novembro/2018, abril /2019, novembro/2021, fevereiro/2023 e junho/2023 não registraram a presença do microrganismo (**Figura 6-36**). Para o ponto com captação superficial coliformes só não foi detectado nos meses de setembro/2018, março/2018, abril/2022 e agosto/2022. *E. coli* só não foi registrada em setembro/2018, outubro/2018, novembro/2018 e nos últimos seis meses em que foi monitorada (março/2022 a agosto/2022) (**Figura 6-36**). Tanto para os pontos com captação subterrânea como superficial, não foi observado um padrão sazonal ou temporal evidente para coliformes ou *E. coli* (**Figura 6-36**).

Figura 6-36 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* dos pontos sem tratamento localizados no município de Rio Doce - MG, e sua variação entre período chuvoso e seco.



No município de Rio Doce, no ciclo 2022/2023 o ponto PMQACH 309 foi monitorado em apenas duas campanhas e o ponto PMQACH 310 foi monitorado em apenas uma campanha, não sendo possível analisar estatisticamente as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados para estes pontos. Já os pontos PQMQACH 312, PMQACH 313 e PMQACH 314 foram devidamente analisados estatisticamente e o presente ciclo foi comparado com ciclos pretéritos.

De maneira geral, no ponto PMQACH 312 destaca-se o padrão de aumento das concentrações de alumínio total, cor aparente, manganês total, turbidez e zinco total no último período avaliado (p < 0,05) **Figura 6-37**). Neste ponto, os parâmetros bário total, sólidos dissolvidos totais (SDT) e dureza total, por outro lado, apresentaram concentrações mais baixas no último período avaliado em comparação ao ciclo anterior (p < 0,05) (**Figura 6-37**). No ponto PMQACH 313, apenas o zinco total teve tendência de aumento no ciclo de 2022/2023. Por outro lado, neste ponto, observa-se reduções nas concentrações de bário total, cor aparente, ferro total e manganês total.

No ponto PMQACH 314, as concentrações de alumínio total, dureza, manganês total, nitrato, sódio total, SDT, turbidez e zinco total mostraram alterações entre os períodos analisados (p<0,05) (**Figura 6-37)**. No ciclo 2022/2023, em comparação com o ciclo anterior, observa-se aumento das concentrações de alumínio total e nitrato. Entretanto, o sódio total e SDT sofreram redução no presente ciclo analisado, em comparação com os demais (**Figura 6-37**).

Figura 6-37 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 312	↑	↓		↑	↓		↑				↓	↑	↑
PMQACH 313		↓		↓	—	↓	↓				—	—	↑
PMQACH 314	↑				—		—	↑		↓	↓	—	—

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, foram poucos os parâmetros que apresentaram padrões significativos (**Figura 6-38**). Bário total apresentou concentrações superiores no período seco no ponto PMQACH 309, enquanto dureza total e sódio total apresentou valores superiores no período seco no ponto PMQACH 310 ($p < 0,05$) (**Figura 6-38**). No ponto PQACH 312, as concentrações de nitrato foram maiores no período chuvoso. Em PMQACH 313 e PMQACH 314 observam-se maiores valores de alumínio e nitrato no período chuvoso, enquanto as concentrações de bário total foram maiores no período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-38**).

Figura 6-38 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Bário total	Dureza total	Nitrato	Sódio total
PMQACH 309		●			
PMQACH 310			●		●
PMQACH 312				●	
PMQACH 313	●	●		●	
PMQACH 314	●	●		●	

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

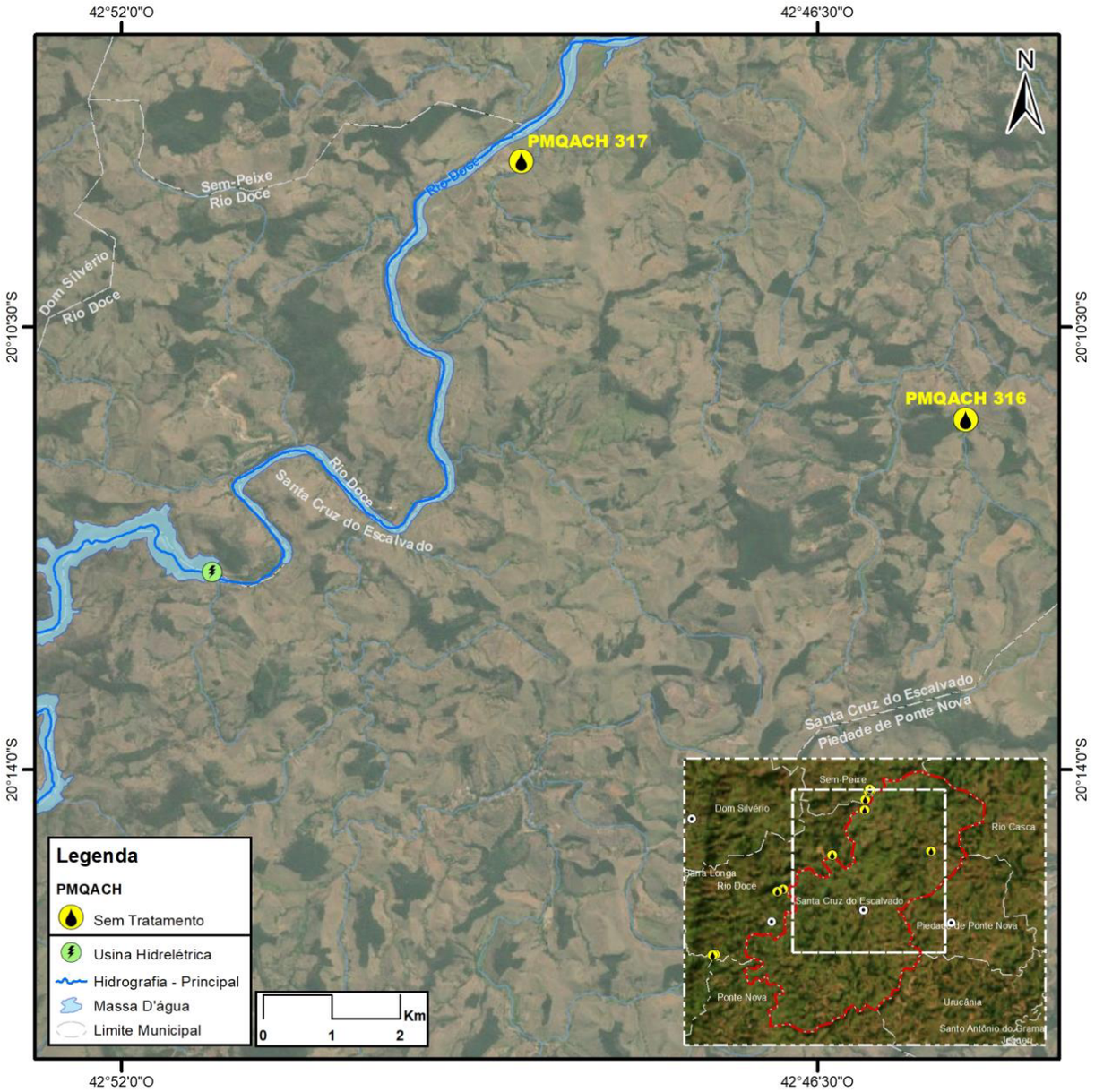
6.4 - Santa Cruz do Escalvado

No município de Santa Cruz do Escalvado-MG, foram considerados 02 (dois) pontos de monitoramento, ambos sem tratamento de água e do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) (**Figura 6-39** e **Quadro 6-4**).

Quadro 6-4 - Características dos pontos do município de Santa Cruz do Escalvado considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 316	Subterrânea	SAA	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 317	Subterrânea	SAA	Não	Saída		Ativo

Figura 6-39 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Santa Cruz do Escalvado-MG.



6.4.1 - Pontos sem tratamento

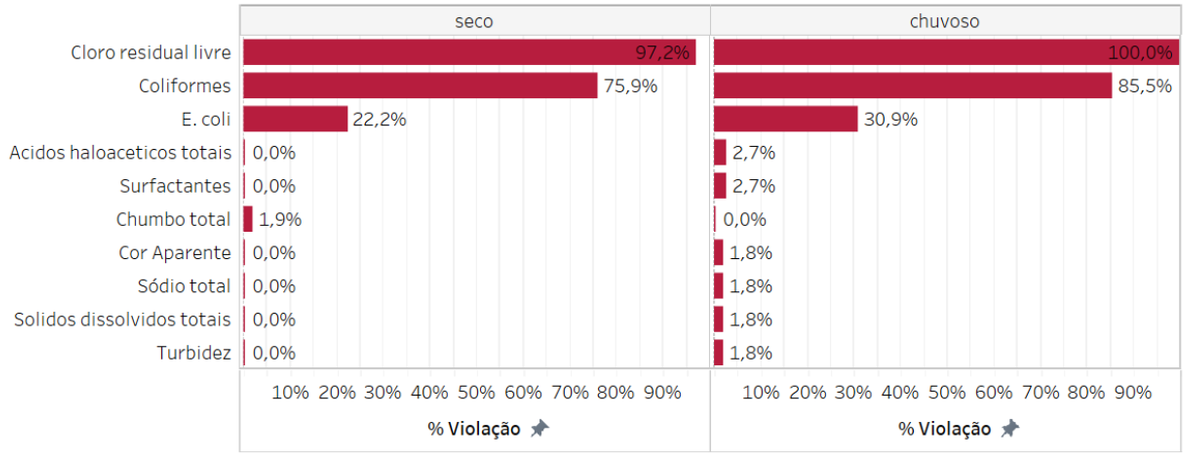
6.4.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Santa Cruz do Escalvado-MG, os principais parâmetros que apresentaram desconformidade foram cloro residual livre, coliformes e *E. coli* (**Figura 6-40**). Os demais parâmetros apresentaram baixos percentuais de violação (inferiores a 3%).

Cloro residual livre apresentou 97,2% de violação no período seco e 100% no período chuvoso (**Figura 6-40**). Reforça-se que a partir de janeiro/2022, com a primeira revisão bianual do PMQACH, este parâmetro deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais de violação referem-se à períodos pretéritos à esta revisão. As concentrações de cloro residual livre foram baixas ou inexistentes, violando o limite inferior legal, o que era esperado por se tratar de pontos sem tratamento. A ausência de adição de cloro na água e, consequentemente, sua baixa concentração, pode contribuir para o aumento da proliferação dos microrganismos provenientes de contaminação fecal por esgoto não tratado.

Isso ajuda a explicar os elevados percentuais de violação observados para coliformes (75,9% no período seco e 85,5% no período chuvoso) e *E. coli* (22,2% de violação no período seco e 30,9% no período chuvoso) (**Figura 6-40**). No município de Santa Cruz do Escalvado, o percentual de esgotamento sanitário é de 43,3% (IBGE, 2010). Comparando-o com os municípios de Minas Gerais (um total de 853 municípios), Santa Cruz do Escalvado ocupa a 634ª posição entre os municípios com maior taxa de esgotamento sanitário, sendo que a 1ª posição corresponde ao município com a maior taxa de esgotamento sanitário (IBGE, 2010). A ausência de tratamento adequado do esgoto sanitário em mais da metade do município ajuda a explicar a contaminação por coliformes e *E. coli*, parâmetros que foram indicados como prioritários para gestão na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação abaixo de 3%.

Figura 6-40 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento no município de Santa Cruz do Escalvado- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

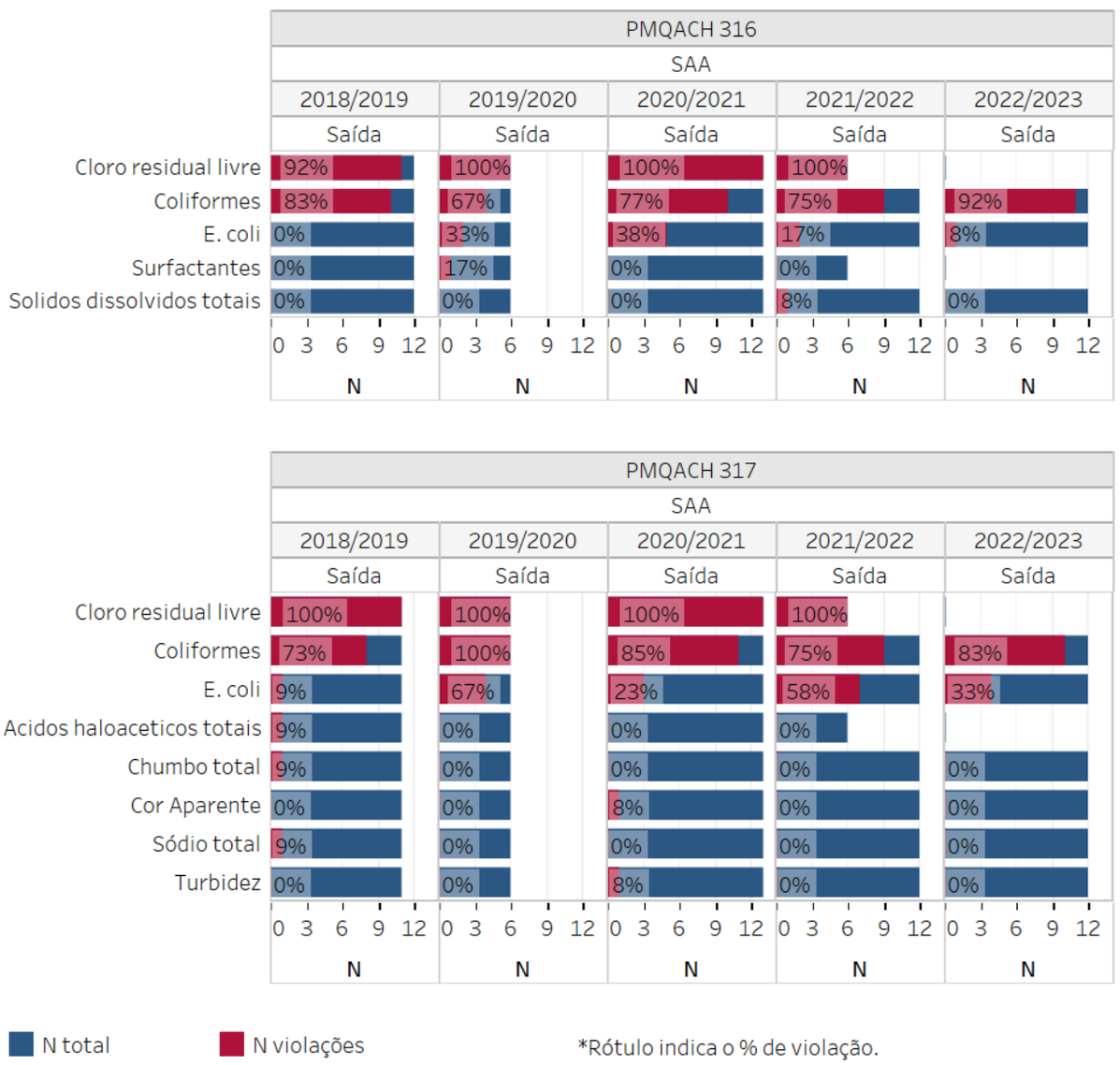


Dois pontos sem tratamento de água e com captação subterrânea foram analisados. Nos pontos PMQACH 316 e PMQACH 317, cloro residual livre apresentou 100% de violação enquanto foi monitorado (**Figura 6-41**).

Destaca-se ainda no ponto PMQACH 316, coliformes apresentou percentual de violação de 92% (11 de 12 amostras) em 2022/2023, mantendo o histórico de desconformidade deste parâmetro. *E. coli*, por outro lado, apresentou redução no percentual de violação em 2022/2023 (8%, 1 de 12 amostras) em relação aos períodos anteriores. Demais parâmetros estiveram em conformidade (**Figura 6-41**).

De modo similar, no ponto PMQACH 317, coliformes e *E. coli* também foram os únicos parâmetros em desconformidade no último período avaliado. Coliformes registrou 83% de violação em 2022/2023 (10 de 12 amostras), enquanto *E. coli* registrou 33% (4 de 12 amostras), padrão similar ao observado historicamente no ponto (**Figura 6-41**).

Figura 6-41 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 316 e PMQACH 317 no município de Santa Cruz do Escalvado-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

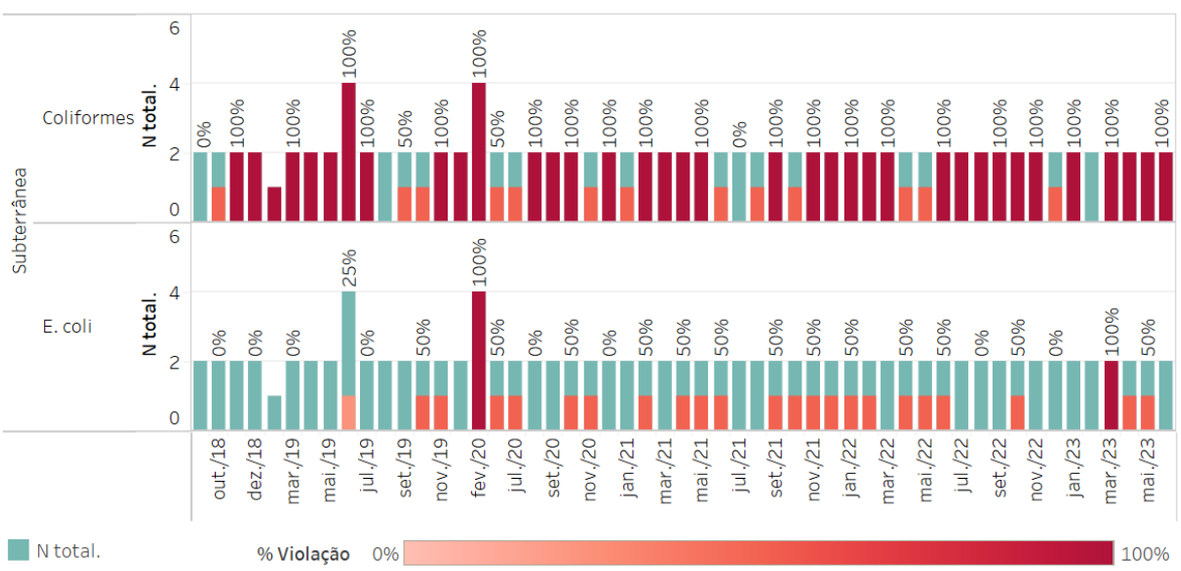


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.4.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Nos pontos sem tratamento, a presença de coliformes foi registrada em todo o monitoramento, com exceção dos meses setembro/2018, agosto/2019, julho/2021 e fevereiro/2023 (**Figura 6-42**). *E. coli* esteve presente em 25 dos 53 meses monitorados, com percentuais predominantemente de 50%. Não foi observado um padrão sazonal ou temporal evidente para coliformes ou *E. coli* no período analisado, sendo estes organismos presentes em praticamente todo o período monitorado (**Figura 6-42**).

Figura 6-42 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Santa Cruz do Escalvado-MG.



De todo modo, destaca-se o padrão de aumento das concentrações de alumínio total, bário total, nitrato e sódio total no último período avaliado, no ponto PMQACH 316 ($p < 0,05$) (**Figura 6-43**). Neste ponto, cloreto total apresentou padrão de redução das concentrações no último período em comparação ao ciclo anterior, juntamente com manganês total e sólidos dissolvidos totais (SDT) (**Figura 6-43**).

No ponto PMQACH 317, destaca-se as alterações na dureza total, que sofreu redução no atual ciclo em comparação com o ciclo anterior (**Figura 6-43**). Nitrato e sódio total, neste ponto apresentaram tendência de aumento em 2022/2023 (**Figura 6-43**).

Figura 6-43 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 316	↑	↑	↓			—	↓	↑		↑	↓	—	—
PMQACH 317					↓	—	—	↑		↑	—	—	

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, no ciclo 2022/2023 apenas cloreto total apresentou diferença significativa entre os períodos chuvosos e secos, e esta diferença foi observada apenas no ponto PMQACH 316 ($p < 0,05$) (**Figura 6-44**).

Figura 6-44 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Cloreto total
PMQACH 316	●
PMQACH 317	

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.5 - Sem Peixe

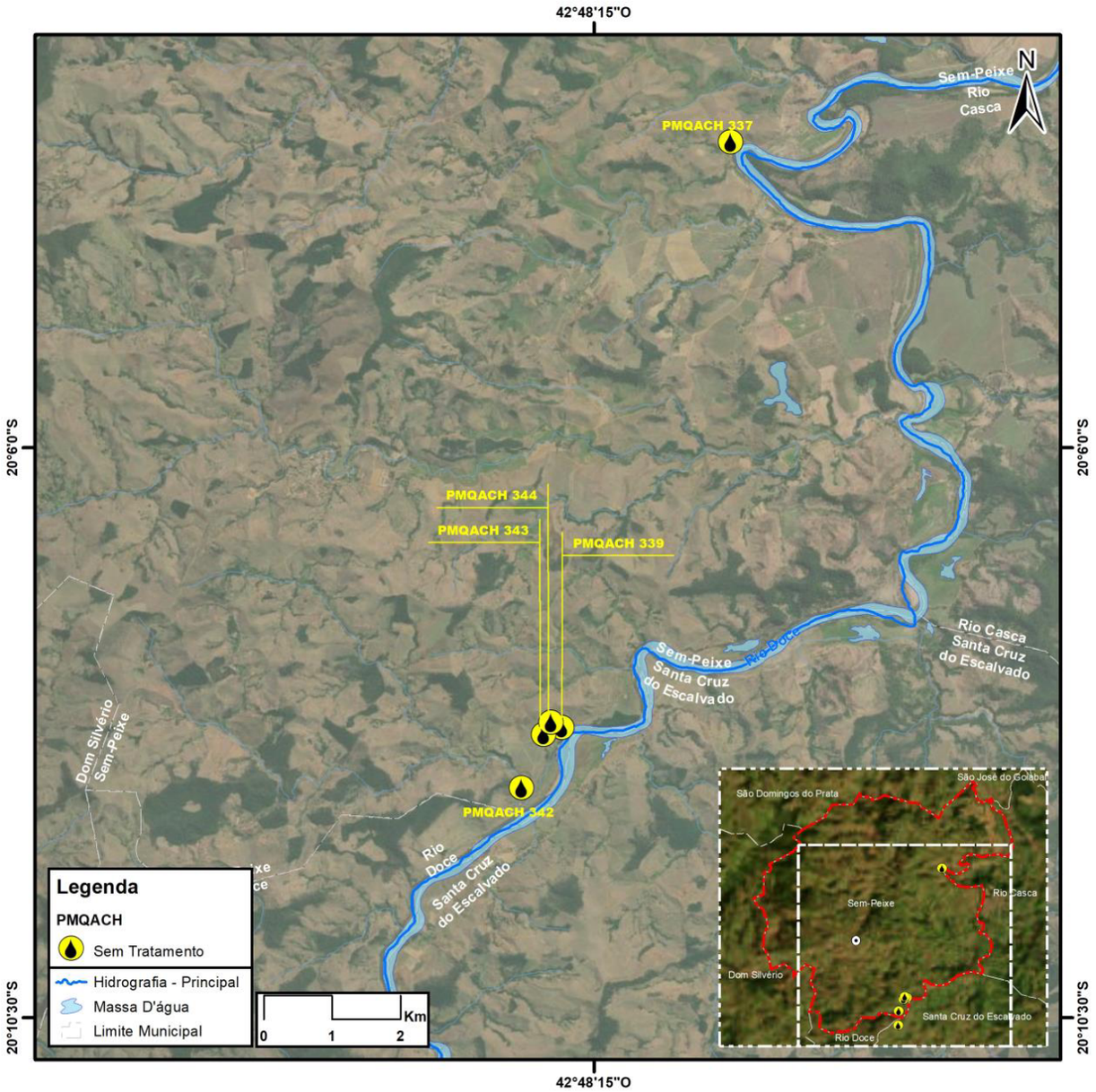
No município de Sem Peixe-MG, foram considerados 05 (cinco) pontos de monitoramento, que não possuem tratamento de água e são do tipo Soluções Alternativas Individuais (SAI) (**Figura 6-45** e **Quadro 6-5**).

Quadro 6-5 - Características do ponto do município de Sem Peixe considerado no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 337(1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/08/2022
PMQACH 339(1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 342(1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 343(1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 344(1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-45 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Sem Peixe - MG.



6.5.1 - Pontos sem tratamento

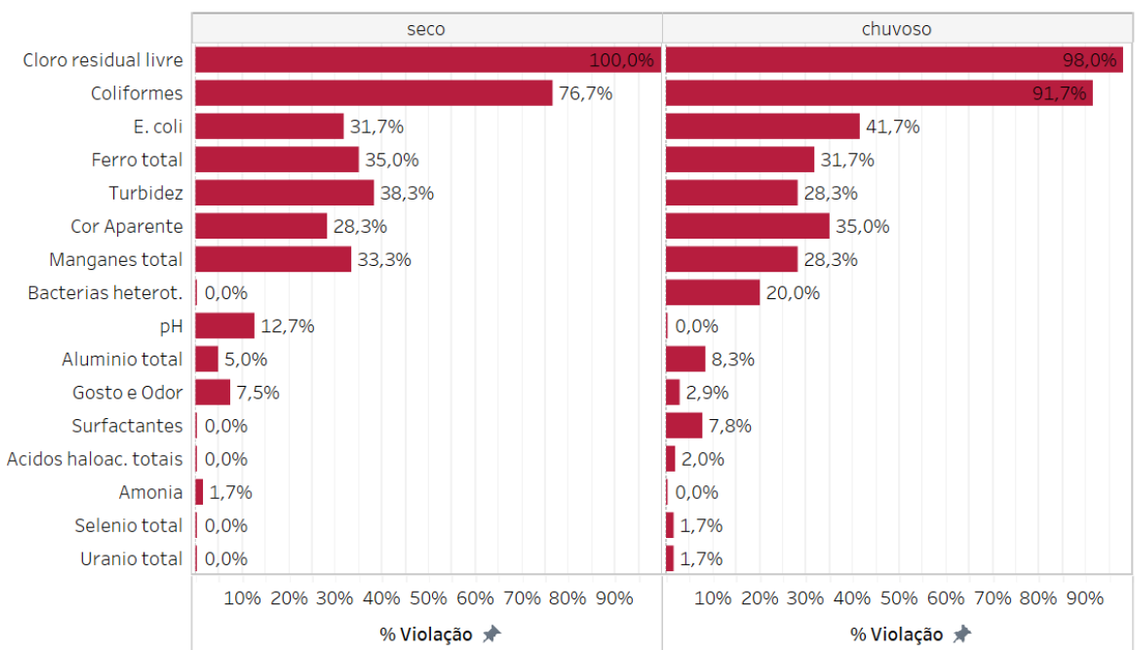
6.5.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Sem Peixe-MG, os parâmetros com os mais elevados percentuais de violação foram cloro residual livre, coliformes e *E. coli*. O cloro residual livre apresentou 100% de violação no período seco e 98% no período chuvoso (**Figura 6-46**). Reforça-se, no entanto, que cloro residual deixou de ser monitorado a partir de janeiro de 2022, com a primeira revisão do PMQACH. Os elevados percentuais de violação observados são relativos ao período anterior à esta revisão.

O cloro residual livre violou, em sua maioria, o limite legal inferior, apresentando concentrações mais baixas do que o limite estipulado pela legislação vigente. O cloro é um dos principais agentes de purificação da água, e a ausência deste explica a contaminação microbiológica, onde os percentuais de coliformes foram elevados (76,7% no período seco e 91,7% no período chuvoso), assim como os de *E. coli* (31,7% no período seco e 41,7% no período chuvoso) (**Figura 6-46**). A presença *E. coli* nas amostras indica relação com contaminação fecal da água provenientes de esgoto doméstico ou criação de animais. Embora contemple um grande grupo de bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, a presença de coliformes também é em alerta para possível exposição da fonte a focos de poluição ou contaminação.. No município de Sem Peixe o percentual de esgotamento sanitário adequado é de 45,2% (IBGE, 2010). Comparando-o com os municípios de Minas Gerais (um total de 853 municípios), Sem Peixe ocupa a 620ª posição entre os municípios com maior taxa de esgotamento sanitário, sendo que a 1ª posição corresponde ao município com a maior taxa de esgotamento sanitário. O baixo percentual de tratamento adequado em mais da metade do município ajuda a explicar a contaminação por coliformes e *E. coli*, dois parâmetros indicados como prioritários para gestão na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021).

Coliformes, *E. coli* e bactérias heterotróficas apresentaram padrão sazonal, com maior percentual de violação no período chuvoso. Surfactantes, selênio total, urânio total e ácidos haloacéticos também violaram os limites preconizados pela legislação vigente somente no período chuvoso, de modo pontual. Já as concentrações de amônia ficaram acima do limite legal somente no período seco (**Figura 6-46**).

Figura 6-46 – Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto sem tratamento do município de Sem Peixe-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

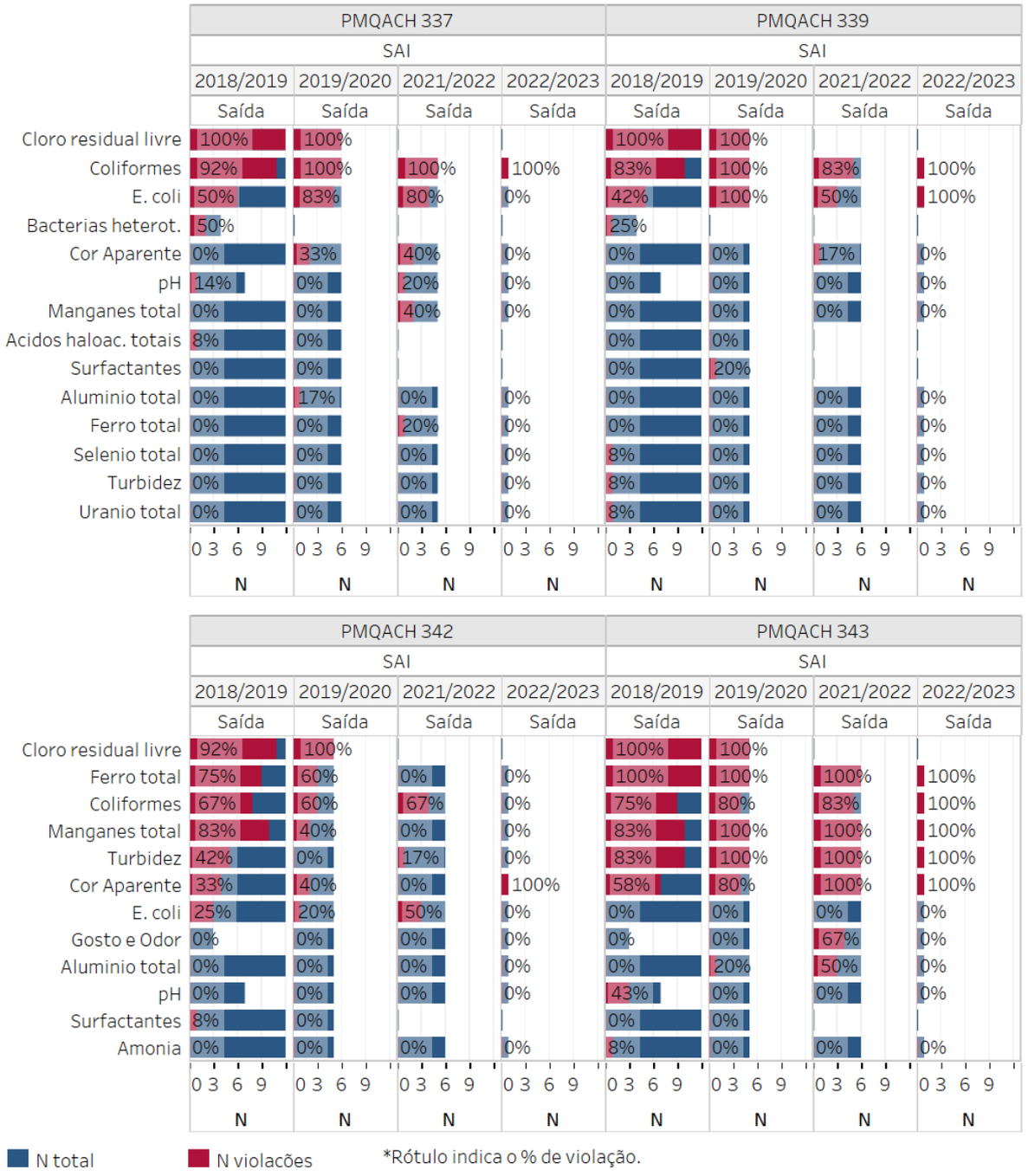


Cinco pontos foram monitorados no município de Sem Peixe-MG, todos sem tratamento, com captação subterrânea e abastecimento tipo SAI. No geral, os pontos apresentaram violações para poucos parâmetros na única amostragem feita no ciclo de 2022/2023, quando completaram 24 campanhas. Coliformes e *E. coli* foram os parâmetros que mais frequentemente apresentaram desconformidade no histórico dos pontos monitorados no município de Sem Peixe-MG (**Figura 6-47**).

No ponto PMQACH 337, apenas o parâmetro coliformes apresentou desconformidade na única amostragem realizada em 2022/2023 (100%, 1 amostra) (**Figura 6-47**). Em PMQACH 339, coliformes e *E. coli* também violaram os seus respectivos limites legais na amostragem feita em 2022/2023 (100%, 1 amostra) (**Figura 6-47**). Em PMQACH 342, cor aparente que não havia apresentado desconformidade em 2021/2022, violou o limite legal na única amostragem de 2022/2023 (100%, 1 amostragem) (**Figura 6-47**).

No ponto PMQACH 343, 5 parâmetros apresentaram desconformidade na única amostragem realizada em 2022/2023, sendo eles: ferro total, coliformes, manganês total, turbidez e cor aparente (100%, 1 amostra). Estes parâmetros já vinham apresentando elevados percentuais desconforme em períodos anteriores do monitoramento (**Figura 6-47**).

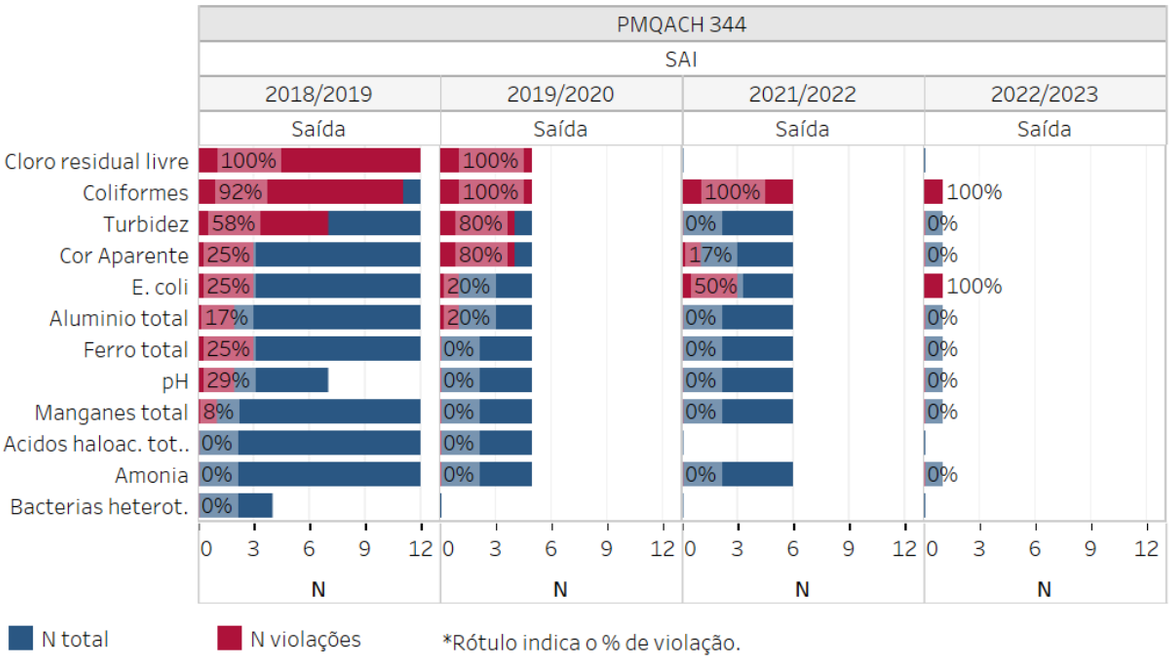
Figura 6-47 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 337, PMQACH 339, PMQACH 342 e PMQACH 343 localizados no município de Sem Peixe-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

O ponto PMQACH 344 apresentou na única campanha de 2022/2023 desconformidade apenas para coliformes e *E. coli* (100%, 1 amostra) (**Figura 6-48**).

Figura 6-48 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 344 localizados no município de Sem Peixe-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

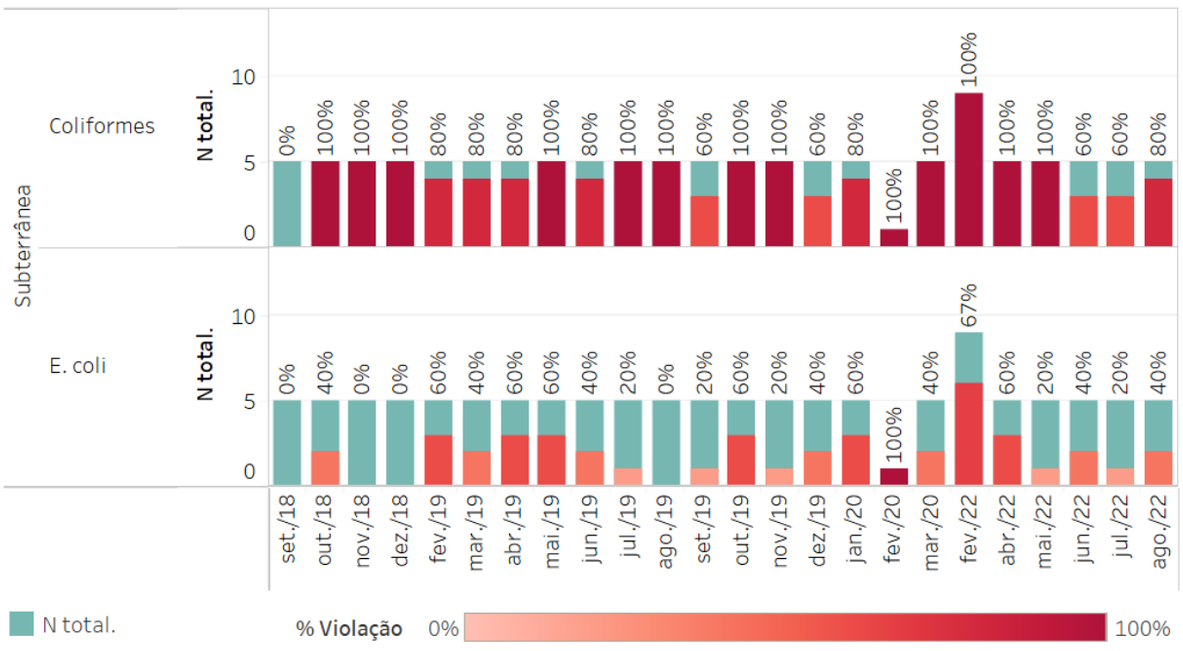


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.5.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Nos pontos sem tratamento do município de Sem Peixe, foi registrada a presença de coliformes em todo o período monitorado, exceto no mês de setembro/2018. Em 19 dos 24 meses, coliformes esteve presente em 80% ou mais das amostras das campanhas (**Figura 6-49**). Em menores percentuais, a presença de *E. coli* foi registrada em 20 dos 24 meses monitorados, com ocorrência variando entre 20 e 100% das amostras do mês. Em quatro meses, no entanto, parâmetro *E. coli* apresentou conformidade com a legislação (setembro/2018, novembro/2018, dezembro/2018 e agosto/2019) (**Figura 6-49**). Não foi possível observar padrões sazonais claros para os dois parâmetros.

Figura 6-49 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de Sem Peixe -MG.

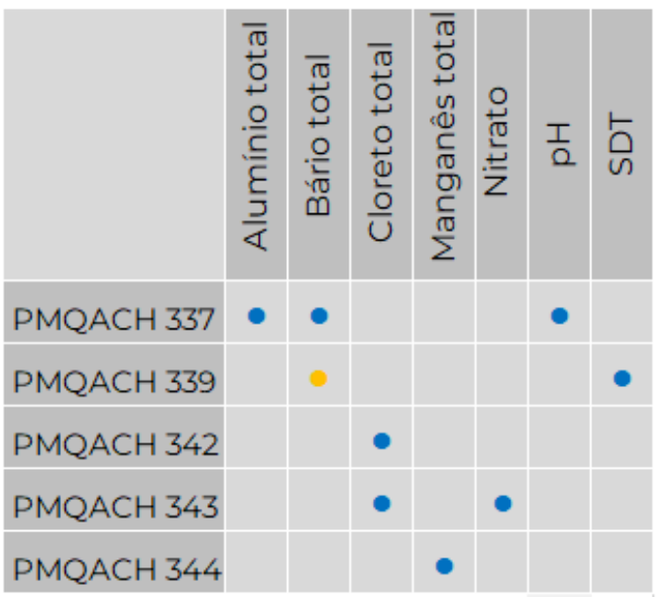


No ciclo de 2022/2023, os pontos de coleta do município de Sem Peixe foram monitorados em apenas uma campanha (agosto/2022). Assim, não foi possível realizar as análises estatísticas para avaliação de tendências temporais das concentrações dos parâmetros no ciclo de 2022/2023 em relação aos períodos anteriores.

Na avaliação sazonal (entre o período chuvoso e seco) alguns parâmetros tiveram variação significativa nos pontos PMQACH 337, PMQACH 339, PMQACH 342, PMQACH 343 e PMQACH 344 (**Figura 6-50**). No ponto PMQACH 337 destacaram-se as concentrações de alumínio total, bário total e o pH, que apresentaram maiores valores no período chuvoso (**Figura 6-50**). Em PMQACH 339 o bário total teve valores superiores no período seco e os sólidos dissolvidos totais (SDT) tiveram valores mais elevados no período chuvoso. No ponto PMQACH 342 apenas o cloreto total mostrou uma variação sazonal ($p<0,05$), com valores mais elevados encontrados no período chuvoso (**Figura 6-50**). Este mesmo padrão foi observado no ponto PMQACH 343. Ainda neste ponto, observaram-se concentrações mais elevadas de nitrato durante o período chuvoso ($p<0,05$) (**Figura 6-50**). Por fim, em PMQACH

244 apenas o manganês total teve resultados estatisticamente relevantes ($p<0,05$) entre os períodos, sendo que os maiores valores foram encontrados no período chuvoso (**Figura 6-50**).

Figura 6-50 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.6 - São José do Goiabal

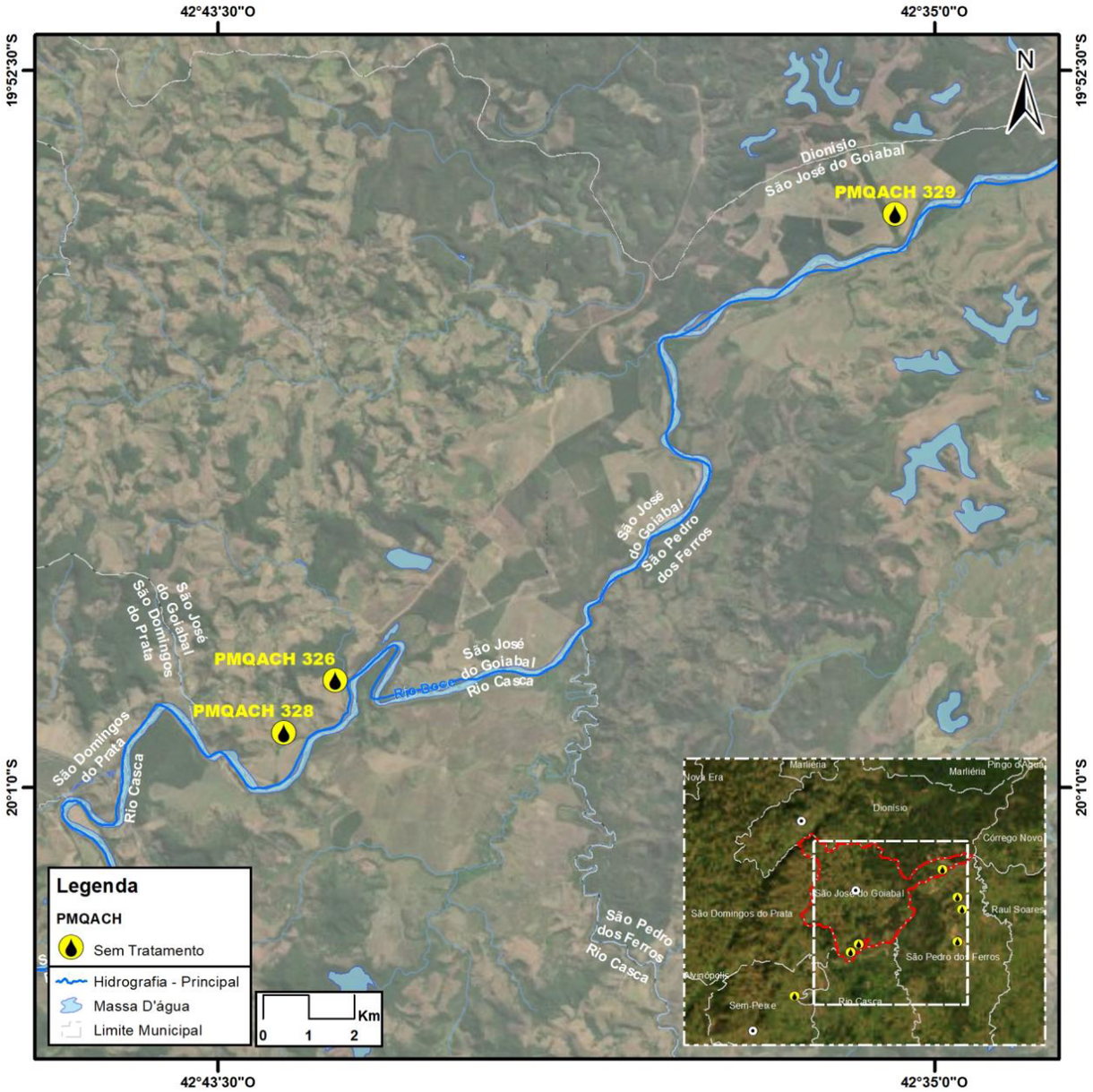
No município de São José do Goiabal-MG, foram considerados 03 (três) pontos de monitoramento sem tratamento, sendo dois do tipo Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e um do tipo Solução Alternativa Individual (SAI) (**Figura 6-51** e **Quadro 6-6**).

Quadro 6-6 - Características dos pontos do município de São José do Goiabal considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 326 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 328	Subterrânea	SAA	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 329	Subterrânea	SAA	Não	Saída		Ativo

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-51 - Localização geográfica dos pontos monitorados em São José do Goiabal-MG.



6.6.1 - Pontos sem tratamento

6.6.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de São José do Goiabal-MG, as maiores desconformidades com a legislação ocorreram para cloro residual livre, coliformes e *E. coli* (**Figura 6-52**).

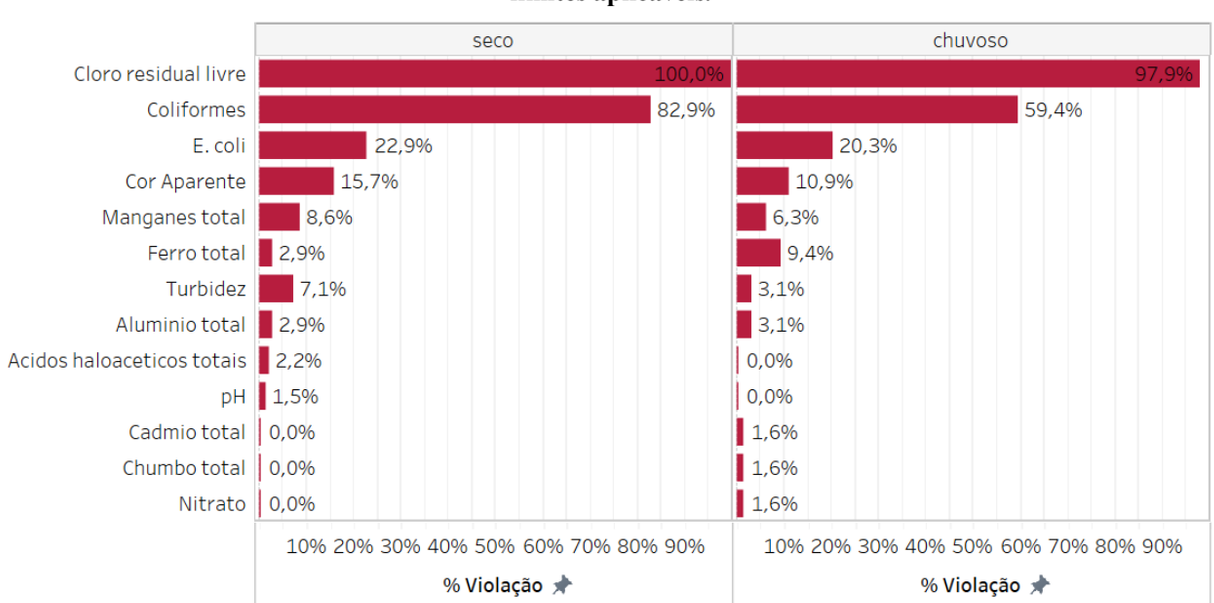
Cloro residual livre teve 100% de violação no período seco e 97,9% no período chuvoso (**Figura 6-52**). De maneira geral, o cloro residual livre violou o limite inferior legal, devido às baixas concentrações, o que era esperado em pontos sem tratamento de água. Reforça-se, no entanto, que após a primeira revisão bianual do PMQACH, em janeiro de 2022, o parâmetro cloro residual deixou de ser monitorado. Os elevados percentuais observados são correspondentes à períodos pretéritos à esta revisão. Por ser empregado nos processos de tratamento de água e eficiente na eliminação de microrganismos (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI *et al.*, 2013), a ausência de adição de cloro explica os elevados percentuais de violação de coliformes e *E. coli.*

Coliformes foi o segundo parâmetro com o maior percentual de violação - 82,9% e no período seco e 59,4% no período chuvoso (**Figura 6-52**). Embora contemple um grande grupo de bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, a presença de coliformes também é em alerta para possível exposição da fonte a focos de poluição ou contaminação.,. No município de São José do Goiabal, o percentual de esgotamento sanitário adequado é de 73,7% (IBGE, 2010). Comparando-o com os municípios do estado de Minas Gerais (total de 853 municípios), São José do Goiabal ocupa a 302ª posição na ordem de municípios com maior taxa de esgotamento sanitário adequado (sendo que a 1ª posição corresponde ao município com a maior taxa de esgotamento sanitário adequado) (IBGE, 2010). No entanto, é importante ressaltar que o tratamento pode não estar sendo suficiente para remoção de matéria orgânica e patógenos, o que ajuda a explicar a contaminação por coliformes e por *E. coli* (**Figura 6-52**), dois parâmetros que, segundo o

plano integrado da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021), são indicados como prioritários para gestão da qualidade da água.

Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação abaixo de 30%. Entre eles, destacam-se ácidos haloacéticos totais (2,2% de violação) e pH (1,5%), por terem violado os limites legais somente no período seco. Cádmio total (1,6% de violação), chumbo total (1,6%) e nitrato (1,6%) violaram os limites legais somente no período chuvoso (**Figura 6-52**). Por fim, é importante ressaltar a variação dos percentuais de violação do ferro total (2,9% de violação no período seco e 9,4% no período chuvoso), manganês total (8,6% no período seco e 6,3% no período chuvoso) e alumínio total (2,9% de violação no período seco e 3,1% no período chuvoso) (**Figura 6-52**), metais naturalmente encontrados em rochas e nos solos da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021).

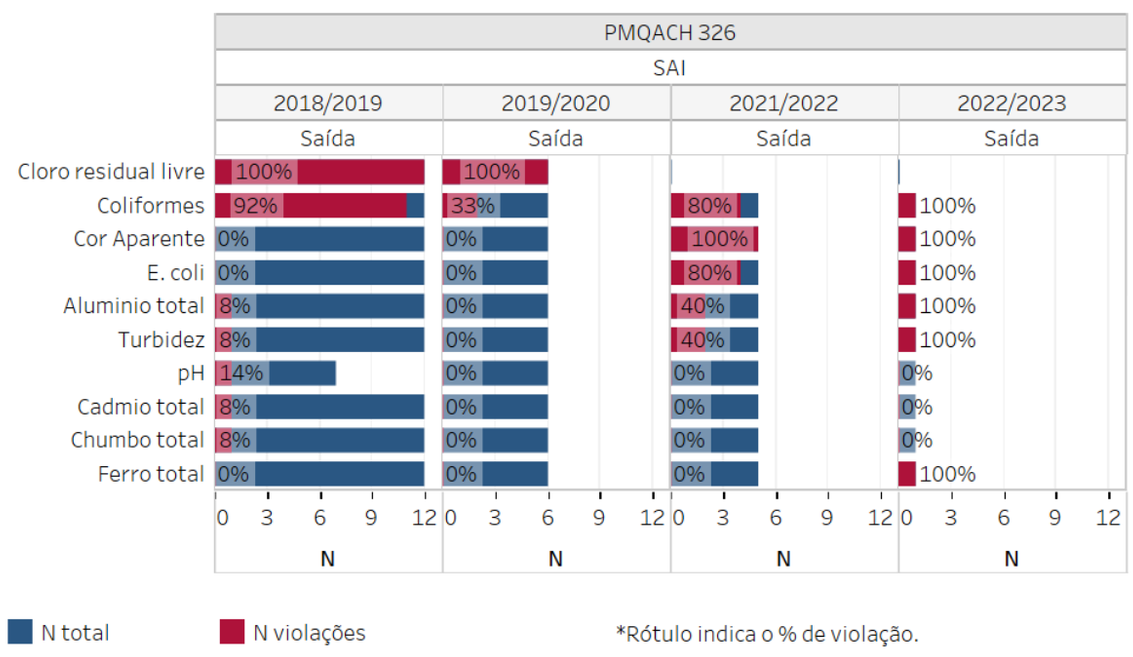
Figura 6-52 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de São José do Goiabal- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Três pontos foram monitorados no município de São José do Goiabal, todos com captação subterrânea, um do tipo SAI (PMQACH 326) e dois do tipo SAA (PMQACH 328 e 329).

No ponto PMQACH 326, no ciclo de 2022/2023, foi realizada apenas uma campanha de monitoramento, totalizando 24 campanhas em todo período monitorado. Esta última campanha apresentou desconformidade para coliformes, *E. coli*, cor aparente, alumínio total, turbidez e ferro total (100% de violação, 1 amostragem) (**Figura 6-53**).

Figura 6-53 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 326, localizado no município de São José do Goiabal-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



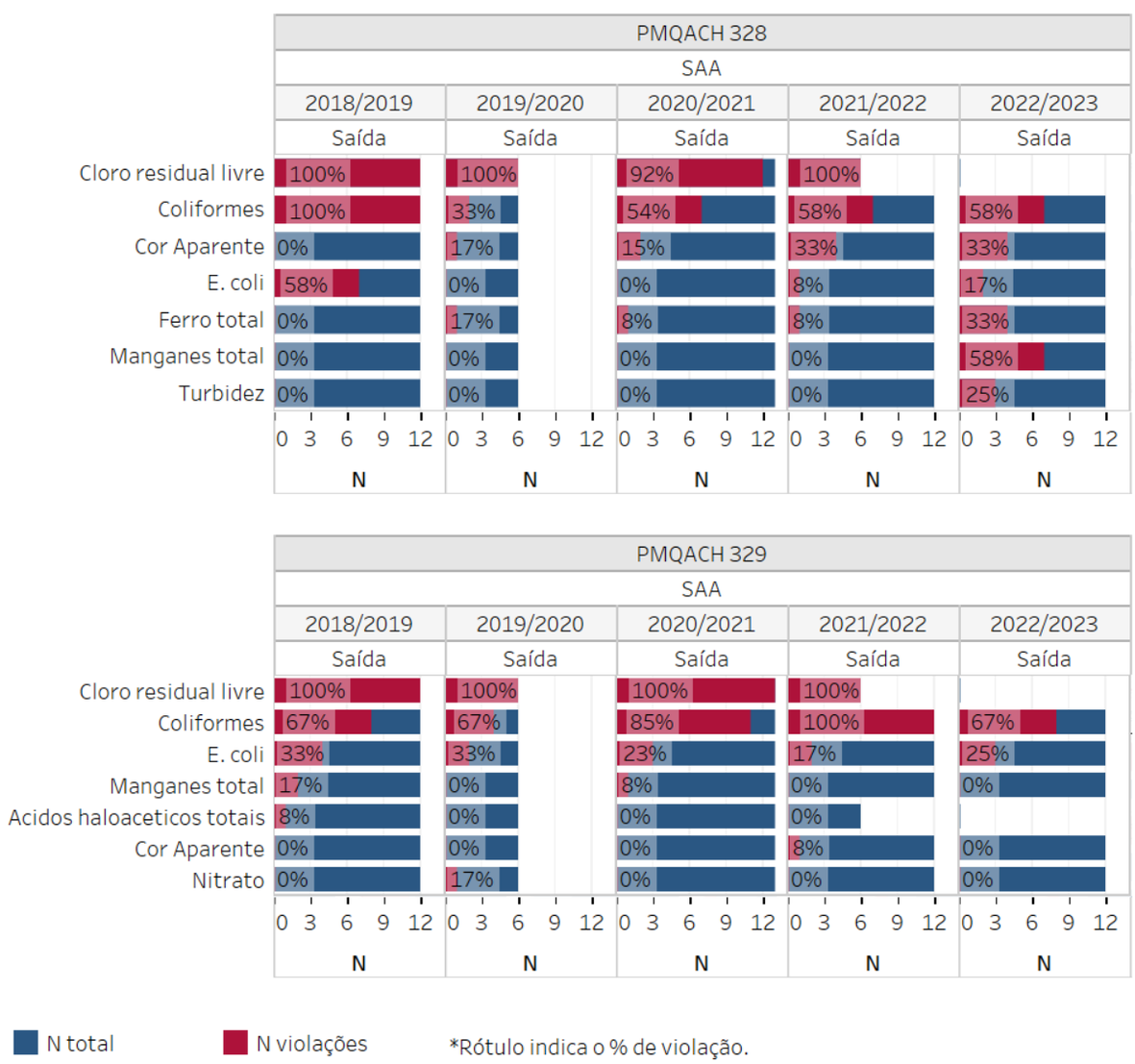
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 328, com abastecimento tipo SAA, coliformes apresentou em 2022/2023, 58% de violação (7 de 12 amostras), percentual similar ao dos dois períodos anteriores. Cor aparente apresentou 33% de violação em 2022/2023 (4 de 12 amostras), mesmo percentual do período anterior. Ferro total também apresentou 33% de amostras em

desconformidade em 2022/2023, resultado que representa um aumento em relação ao período anterior. Pela primeira vez neste ponto, em 2022/2023, manganês (58%, 7 de 12 amostras) e turbidez (25%, 3 de 12 amostras) apresentaram desconformidade (**Figura 6-54**).

O ponto PMQACH 329, coliformes apresentou, em 2022/2023, 67% de violação (8 de 12 amostras), resultado que representa uma redução em relação ao período anterior. *E. coli* também apresentou desconformidade em 25% das amostras do último ciclo (3 de 12 amostras), padrão similar ao de períodos anteriores (**Figura 6-54**).

Figura 6-54 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 328 e PMQACH 329 localizados no município de São José do Goiabal-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

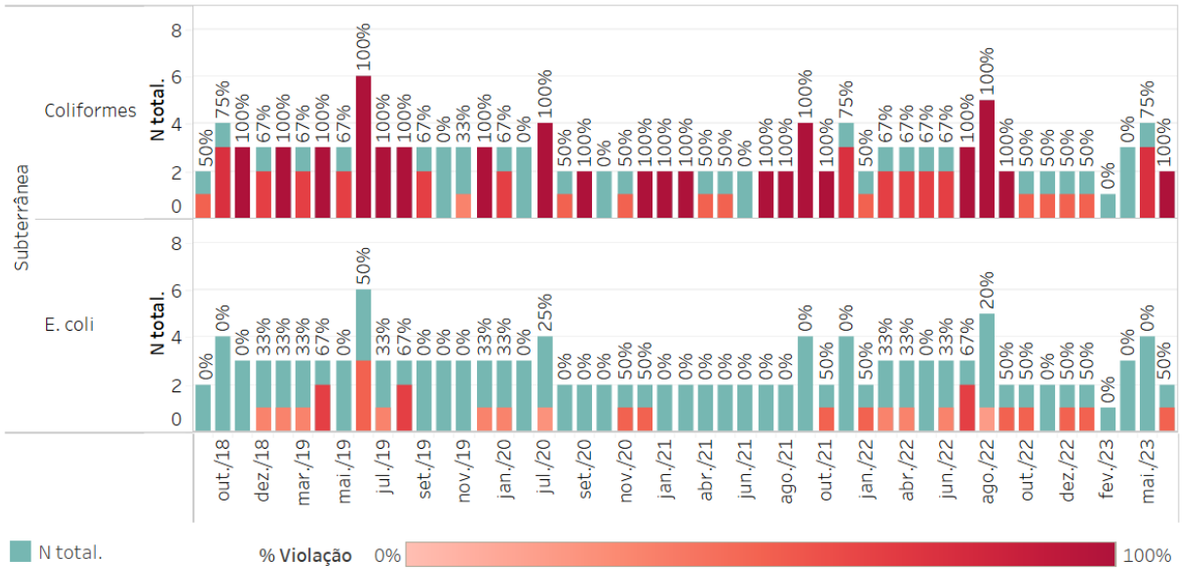


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.6.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Nos pontos sem tratamento monitorados no município de São José do Goiabal, a presença de coliformes foi identificada nas amostras de 43 dos 49 meses monitorados (**Figura 6-55**). *E. coli* teve sua presença registrada em menores percentuais, e em 24 dos 49 meses monitorados. Não foi observado um padrão sazonal ou temporal evidente para coliformes e *E. coli* no período analisado (**Figura 6-55**).

Figura 6-55 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento localizados no município de Santa Cruz do Escalvado.



O ponto PMQACH 326 teve apenas uma amostragem no ciclo 2022/2023, impossibilitando a realização das análises estatísticas temporais (entre os anos estudados). No entanto, nos pontos PMQACH 328 e PMQACH 329 foi possível observar um padrão de redução das concentrações de bário total, sólidos dissolvidos totais e dureza total no último período avaliado ($p < 0,05$) (**Figura 6-56**). No ponto PMQACH 328, manganês total, sódio total, turbidez e o zinco total apresentaram padrões de aumento de suas concentrações no último período avaliado em relação ao ciclo anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-56**). Cor aparente,

ferro total, nitrato e zinco total, apresentaram tendência de aumento em 2022/2023 no ponto PMQACH 329 (p<0,05) (**Figura 6-56**).

Figura 6-56 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 328		↓			↓		↑			↑	↓	↑	↑
PMQACH 329		↓		↑	↓	↑	—	↑		—	↓	—	↑

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, apenas o cloreto total apresentou variação significativa (**Figura 6-57**). O cloreto total apresentou concentrações superiores no período chuvoso nos pontos PMQACH 328 e 329 ($p < 0,05$) (**Figura 6-57**).

Figura 6-57 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Cloreto total
PMQACH 328	●
PMQACH 329	●

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.7 - São Pedro dos Ferros

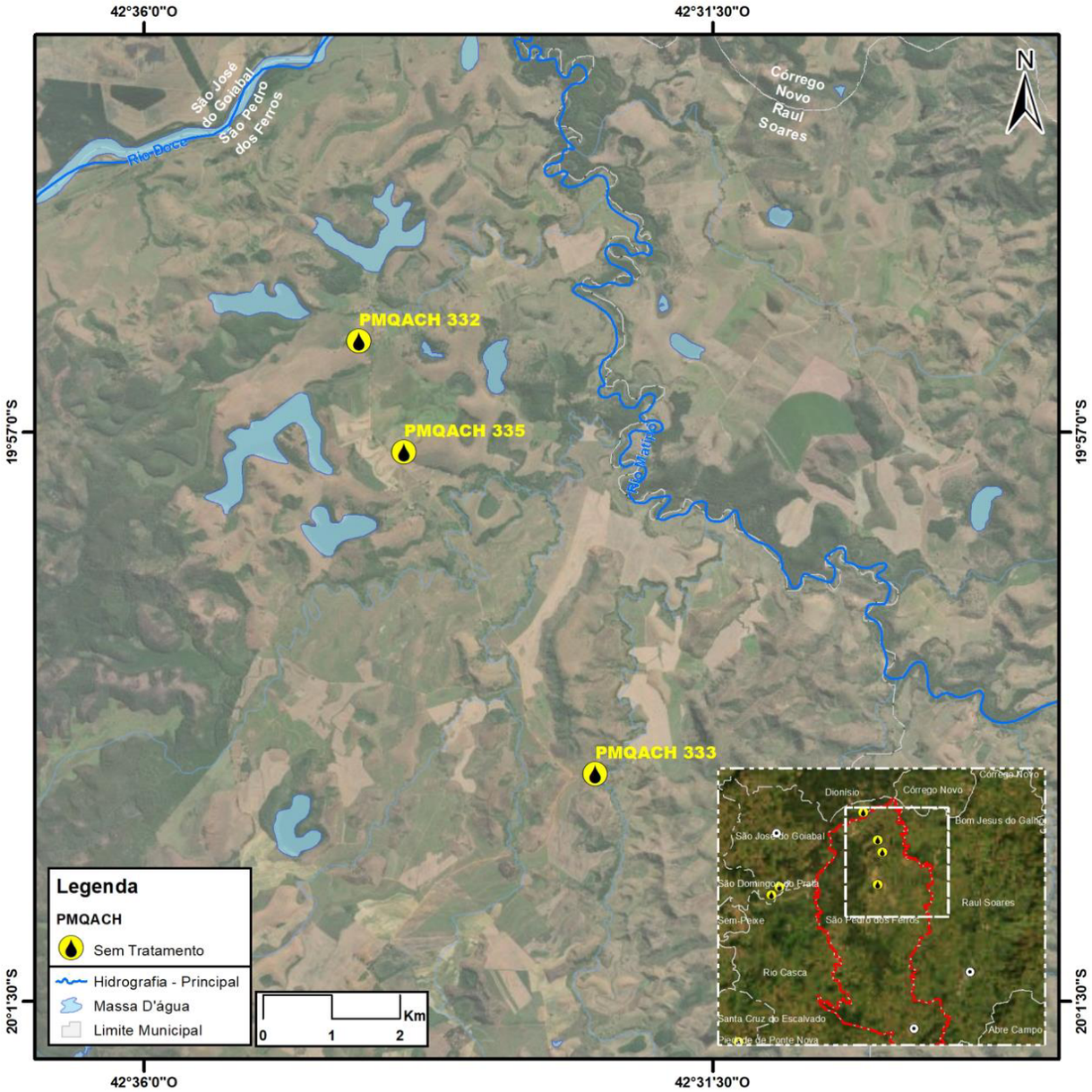
No município de São Pedro dos Ferros-MG, foram considerados 03 (três) pontos de monitoramento, que não possuem tratamento, sendo dois do tipo Solução Alternativa Individual (SAI) e um Solução Alternativa Coletiva (SAC) (**Figura 6-58** e **Quadro 6-7**).

Quadro 6-7 - Características do ponto do município de São Pedro dos Ferros considerado no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 332[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/08/2022
PMQACH 333[1)]	Subterrânea	SAC	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 335[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-58 - Localização geográfica dos pontos monitorados em São Pedro dos Ferros - MG.



6.7.1 - Pontos sem tratamento

6.7.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de São Pedro dos Ferros-MG, destacam-se cloro residual livre, coliformes, *E. coli* e pH por terem apresentado os mais elevados percentuais de violação, tanto no período seco, quanto no chuvoso (**Figura 6-59**).

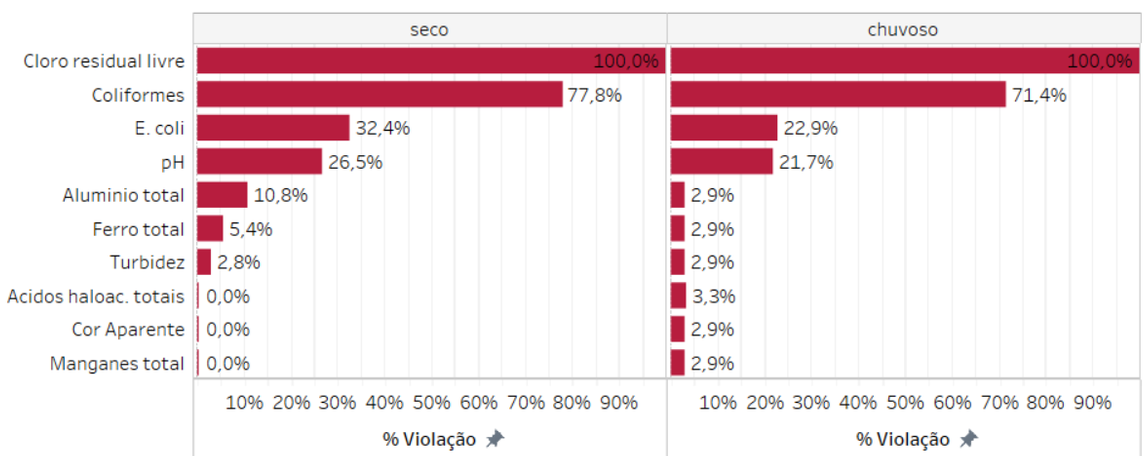
Cloro residual livre apresentou 100% de violação nos dois períodos sazonais (**Figura 6-59**). Reforça-se, no entanto, que após janeiro de 2022, com a primeira revisão bianual do PMQACH, cloro residual livre deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais de violação observados referem-se ao período pretérito à esta revisão. As violações do cloro residual livre se deram principalmente pelo não atendimento ao limite inferior, ou seja, as concentrações mensuradas foram menores do que o preconizado pela legislação vigente. No entanto, estas baixas concentrações são esperadas, uma vez que estes os pontos não têm sistema de tratamento de água. Por ser empregado nos processos de tratamento de água e eficiente na eliminação de microrganismos (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI et al., 2013), a ausência de adição de cloro explica os elevados percentuais de violação de coliformes e *E. coli.*

Coliformes apresentou 77,8% e 71,4% de violação no período seco e chuvoso, respectivamente. *E. coli*, por sua vez, apresentou 32,4% de violação no período seco e 22,9% no período chuvoso (**Figura 6-59**). Estes parâmetros foram indicados como prioritários para gestão na bacia do rio Doce pela mais recente revisão do plano integrado da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). Os elevados percentuais de violação de coliformes e *E. coli* podem estar relacionados à contaminação fecal da água, proveniente de esgoto doméstico não tratado ou provenientes da criação de animais. No município de São Pedro dos Ferros, o percentual de esgotamento sanitário é de 82,5% (IBGE, 2010). Comparando com os municípios de Minas Gerais (853 municípios no total), São Pedro dos Ferros ocupa a 177ª posição entre os municípios com maior taxa de esgotamento sanitário adequado, sendo que a 1ª posição

corresponde ao município com a maior taxa de esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010). É importante ressaltar que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, caso o tratamento seja ineficiente, o efluente ainda terá a presença de matéria orgânica e patógenos, tendo como consequência o lançamento deles nos recursos hídricos.

Entre os demais parâmetros, destacam-se os ácidos haloacéticos totais (3,3% de violação), cor aparente (2,9% de violação) e manganês total (2,9% de violação) por violarem os limites legais somente no período chuvoso (**Figura 6-59**).

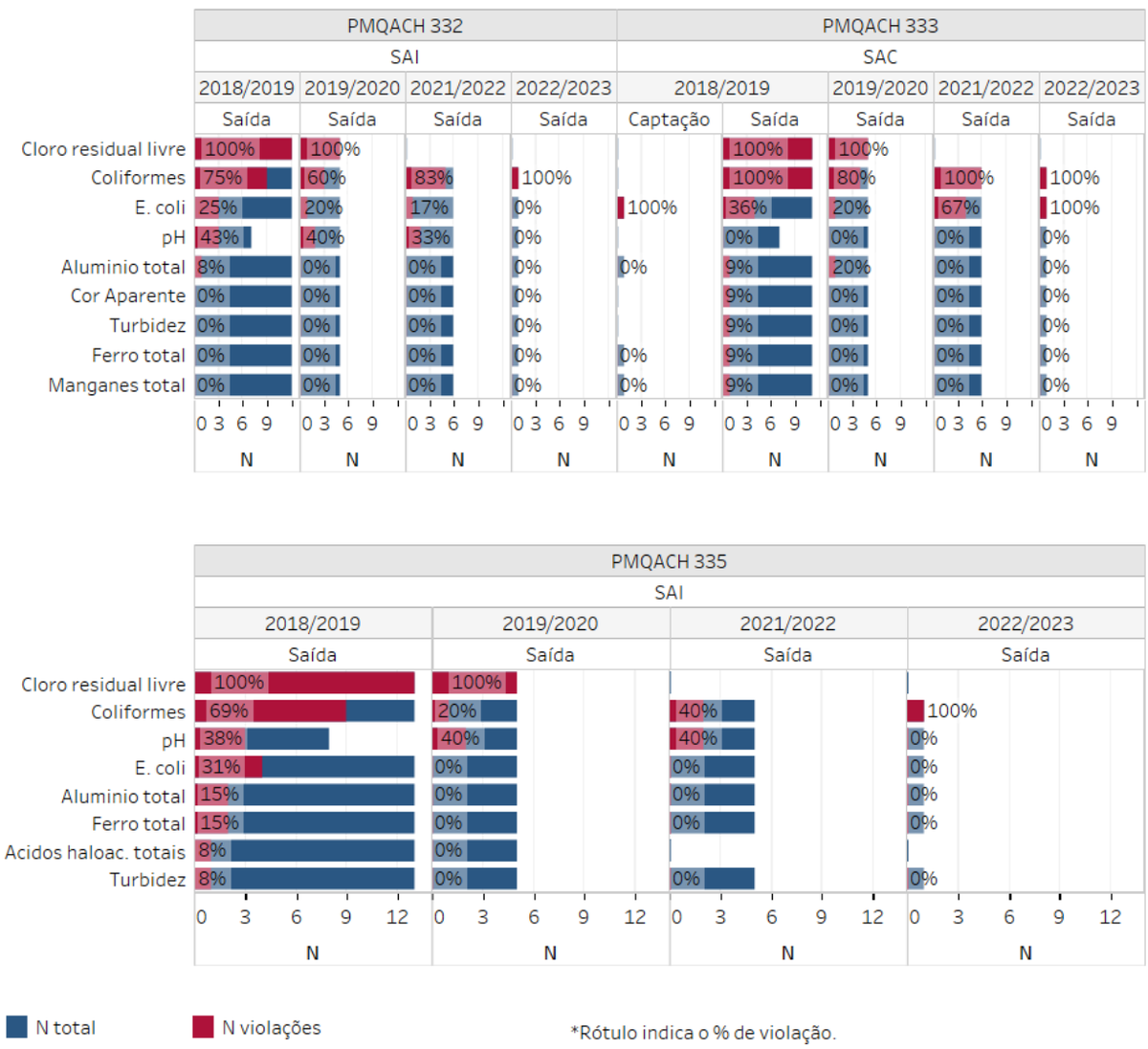
Figura 6-59 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto sem tratamento do município de São Pedro dos Ferros-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis.



Três pontos foram monitorados no município de São Pedro dos Ferros, todos sem tratamento de água e com captação subterrânea, sendo eles PMQACH 332, PMQACH 333 e PMQACH 335.

Nestes três pontos, foi realizada apenas uma amostragem no ciclo de 2022/2023. Nessa amostragem, os três pontos apresentaram desconformidade para coliformes (100%, 1 amostra). Além de coliformes, o ponto PMQACH 333, também apresentou violação para *E. coli*, na única amostra coletada no período (**Figura 6-60**).

Figura 6-60 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 332, PMQACH 333 e PMQACH 335 localizados no município de São Pedro dos Ferros-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

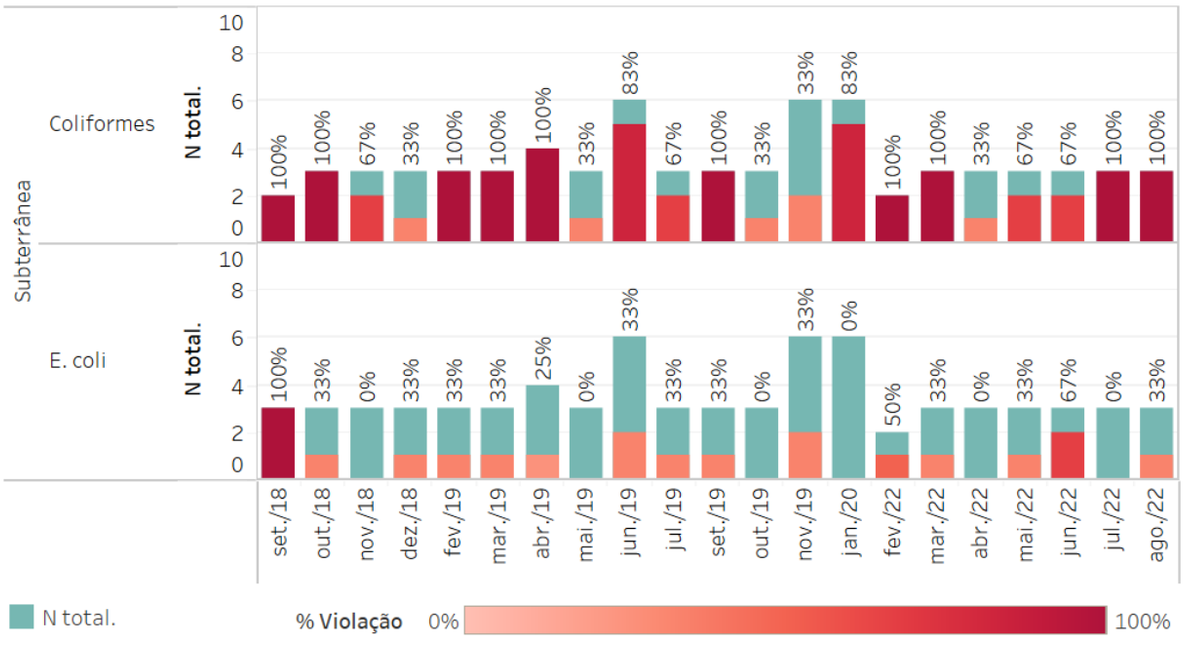


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.7.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Os pontos sem tratamento de água monitorados no município de São Pedro dos Ferros registraram presença de coliformes em todos os meses monitorados. Já *E. coli* só não foi identificada em amostras dos meses de novembro/2018, maio/2019, outubro/2019, janeiro/2020, abril/2022 e julho/2022. Não foi observado padrão sazonal ou temporal evidente para coliformes e *E. coli* no período analisado (**Figura 6-61**).

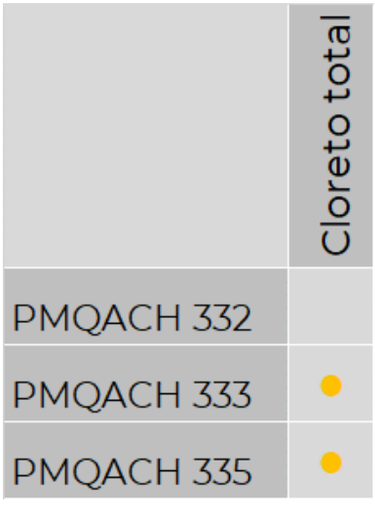
Figura 6-61 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* dos pontos sem tratamento, localizados no município de São Pedro dos Ferros-MG, e sua variação entre período chuvoso e seco.



No ciclo de 2022/2023, os pontos de monitoramento do município de São Pedro dos Ferros foram monitorados em apenas uma campanha (agosto/2022). Assim, não foi possível realizar as análises estatísticas para avaliação de tendências temporais das concentrações dos parâmetros no ciclo de 2022/2023 em relação aos períodos anteriores.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, somente cloreto total apresentou padrão significativo, sendo suas concentrações superiores no período seco nos pontos PMQACH 333 e PMQACH 335 ($p < 0,05$) (**Figura 6-62**). O ponto PMQACH 332 não apresentou variação sazonal em nenhum dos parâmetros analisado.

Figura 6-62 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.8 - Caratinga

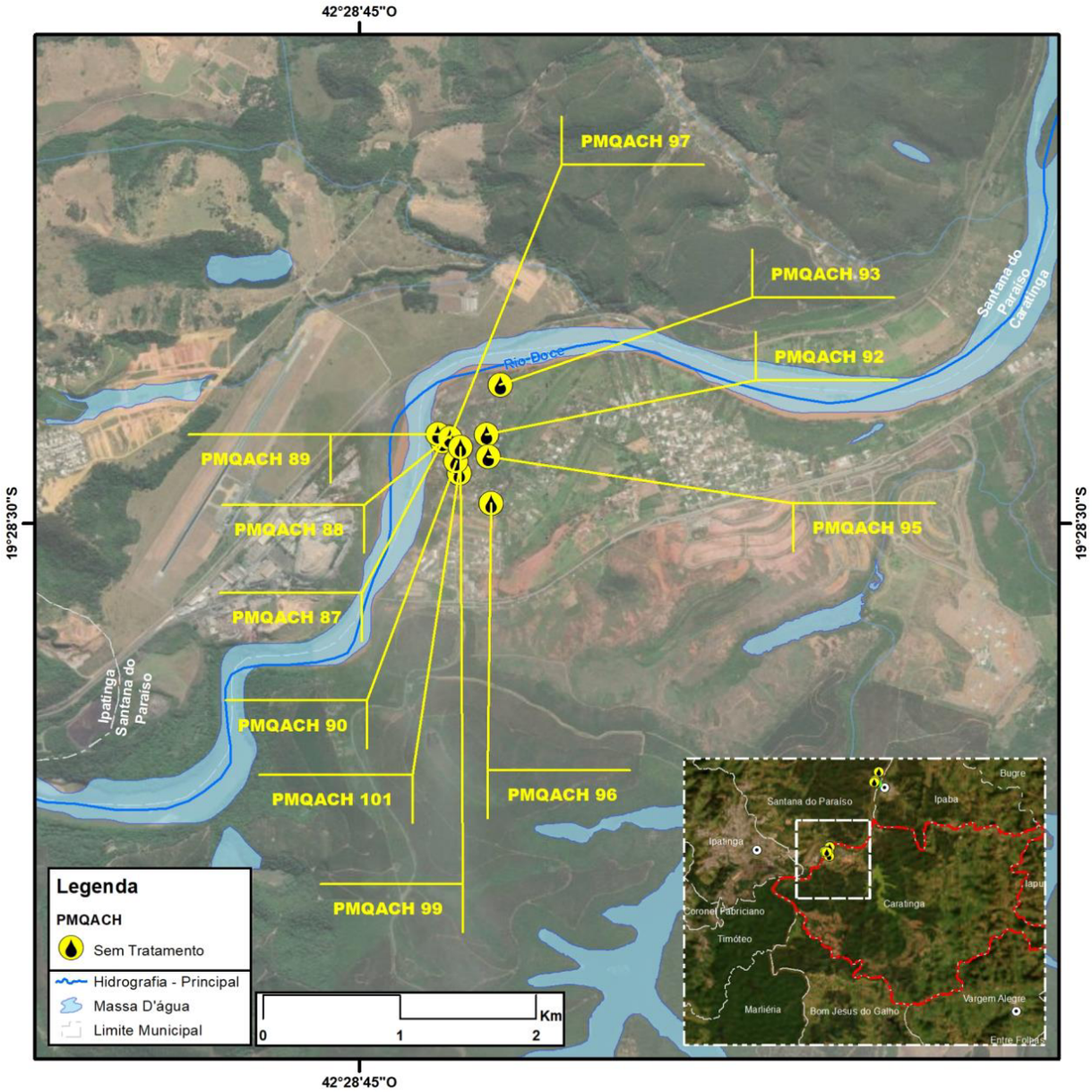
No município de Caratinga foram considerados 11 (onze) pontos de monitoramento, todos eles com captação subterrânea do tipo Solução Alternativa Individual (SAI) e sem tratamento de água (**Figura 6-63** e **Quadro 6-8**).

Quadro 6-8 - Características do ponto do município de Caratinga considerado no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 87 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/10/2022
PMQACH 88 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 89 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 90 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/12/2022
PMQACH 92 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 93 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 95 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/12/2022
PMQACH 96 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 97 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 99 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/03/2023
PMQACH 101 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-63 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Caratinga-MG.



6.8.1 - Pontos sem tratamento

6.8.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

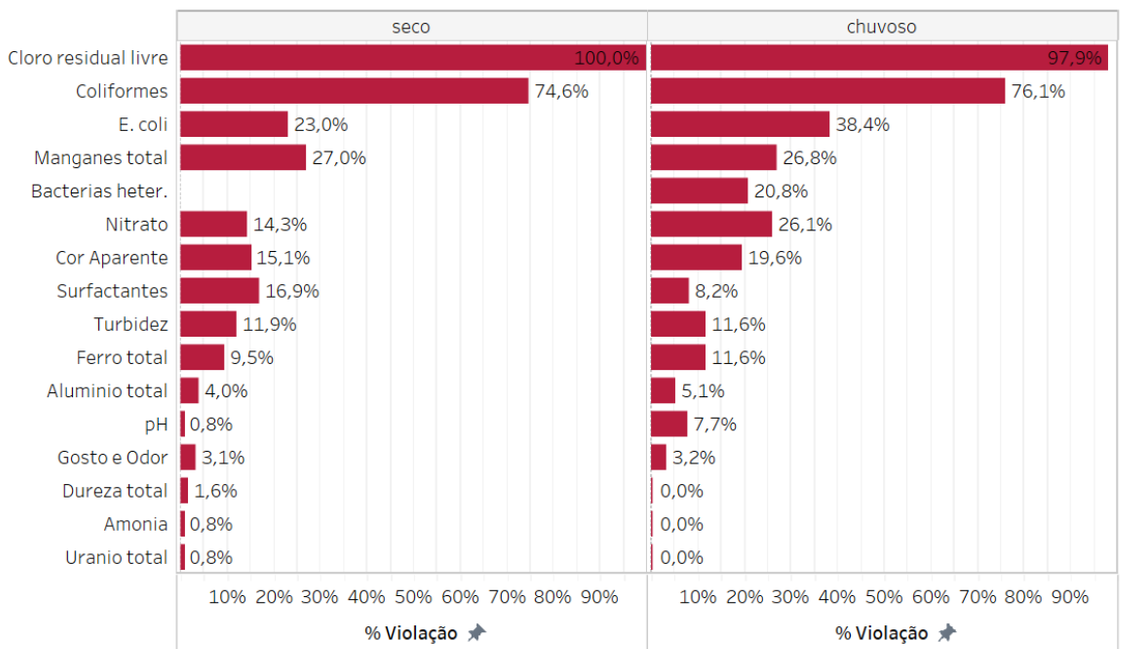
No município de Caratinga-MG, cloro residual livre e coliformes foram os parâmetros que apresentaram os maiores percentuais de violação (acima de 70% tanto no período chuvoso quanto seco) (**Figura 6-64**). De maneira geral, as concentrações de cloro residual livre foram baixas, violando o limite inferior legal. É importante reforçar que, com a primeira revisão bianual do PMQACH, o parâmetro cloro residual livre deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento, a partir de janeiro/2022, e os elevados percentuais de violação desse parâmetro se referem aos períodos de medição anteriores à esta revisão.

Além de coliformes (com violações de 74,6% no período seco e 76,1% no período chuvoso), foi registrada violação também para *E. coli* tanto no período chuvoso (38,4%) quanto seco (23%) (**Figura 6-64**). A existência de contaminação por microrganismos indica relação com contaminação fecal proveniente de esgoto doméstico ou criação de animais. A mais recente revisão do plano integrado da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021), apontou coliformes como parâmetro prioritário para busca de soluções. A ausência de tratamento do esgoto doméstico gerado pelos municípios (aproximadamente 68% do esgoto vai diretamente para os cursos d'água) é um problema histórico na bacia (PIRH Doce, 2021). De acordo com os dados do IBGE (2010), o município de Caratinga (MG) trata um total de 71,4% do esgoto, sendo o tratamento caracterizado como convencional (contemplando as etapas de floculação, decantação, filtração, desinfecção). Comparando os municípios de Minas Gerais (total de 853 municípios), Caratinga ocupa a 341ª posição com relação à adequação do esgotamento sanitário (sendo que a 1ª posição corresponde ao município com a maior taxa de esgotamento sanitário adequado).

Manganês total, bactérias heterotróficas e nitrato também apresentaram percentual de violação acima de 20%, em pelos menos um dos períodos sazonais. Os demais parâmetros apresentaram percentual de violação < 20%, sendo eles, cor aparente, surfactantes, turbidez,

ferro total, pH, alumínio total, gosto e odor, dureza total, amônia e urânio total (**Figura 6-64**). Para a maioria dos parâmetros não houve grandes diferenças entre os percentuais de violação entre o período seco e chuvoso.

Figura 6-64 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Caratinga-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Onze pontos foram analisados no município de Caratinga (PMQACH 87, PMQACH 88, PMQACH 89, PMQACH 90, PMQACH 92, PMQACH 93, PMQACH 95, PMQACH 96, PMQACH 97, PMQACH 99 e PMQACH 101). Todos os pontos apresentaram captação subterrânea e são do tipo SAI.

O ponto PMQACH 87 registrou, em 2022/2023, pequena redução no percentual de violação para coliformes (67%, 2 de 3 amostras) e manganês total (33%, 1 de 3 amostras) em relação ao período anterior de 2021/2022. Violações para *E. coli* em 2022/2023 e no período anterior mantiveram-se em 67%. Parâmetros como cor aparente, alumínio total, ferro total e turbidez que em 2021/2022 apresentaram violação pontual, em 2022/2023 estiveram em conformidade com a legislação (**Figura 6-65**).

Em 2022/2023, o ponto PMQACH 88 somente apresentou desconformidade para coliformes (100%, 1 amostra) (**Figura 6-65**). Neste mesmo período, no ponto PMQACH 89, apenas gosto e odor registrou violação em 2022/2023 (100%, 1 amostra), estando todos os demais parâmetros em conformidade (**Figura 6-65**).

No ponto PMQACH 90, coliformes apresentou, em 2022/2023, 80% de violação (4 de 5 amostras), similar ao que vinha sendo observado historicamente, com percentuais acima de 80%. *E. coli*, manganês total e cor aparente apresentaram 40% de violação em 2022/2023 (2 de 5 amostras), o que representa um aumento em relação ao período anterior. Destacam-se ainda os parâmetros pH, ferro total, turbidez e alumínio total, que apresentam em 2022/2023 violação pontual de 20% (1 de 4 amostras), enquanto historicamente apresentaram predominantemente conformidade com a legislação (**Figura 6-65**).

Figura 6-65 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 87, PMQACH 88, PMQACH 89 e PMQACH 90, localizado no município de Caratinga-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 92, coliformes manteve, em 2022/2023, os 100% de violação (2 amostras) já observados no ciclo anterior. Cor aparente apresentou 50% de violação em 2022/2023 (1 de 2 amostras), mesmo percentual do período anterior. *E. coli* também apresentou 50% de violação em 2022/2023 (1 de 2 amostras), valor que representa uma redução em relação a 2021/2022 (**Figura 6-66**).

No ponto PMQACH 93, todas as 2 amostras avaliadas no ciclo de 2022/2023 apresentaram conformidade com a legislação (**Figura 6-66**).

No ponto PMQACH 95, em 2022/2023, manganês total apresentou violação de 40% (2 de 5 amostras) e turbidez de 60% (3 de 5 amostras), resultados que representam uma redução em relação aos períodos anteriores. Ferro total e cor aparente apresentaram violação de 80% (4 de 5 amostras), mantendo o padrão histórico de percentuais elevados (iguais ou acima de 80%). Coliformes apresentou no último ciclo violação de 20% (1 de 5 amostras) e gosto e odor 40% (2 de 5 amostras), padrões também similares ao histórico deste ponto para estes parâmetros (**Figura 6-66**).

Em 2022/2023, no ponto PMQACH 96, na única amostragem feita neste período, manganês total e coliformes apresentaram 100% de violação (1 amostra) (**Figura 6-66**).

Figura 6-66 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 92, PMQACH 93, PMQACH 95 e PMQACH 96, localizado no município de Caratinga-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

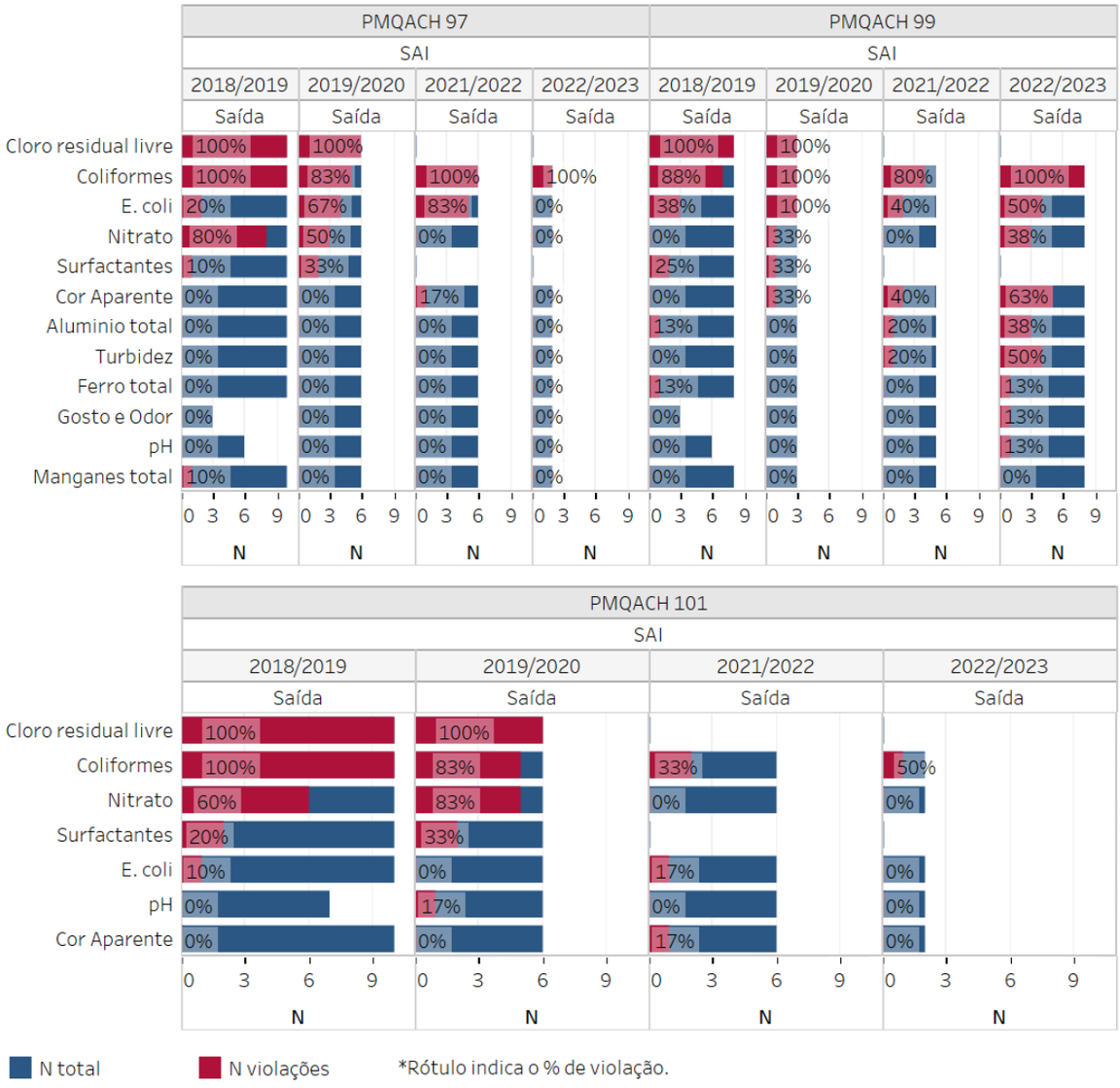
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 97 apenas coliformes registrou violação nas duas únicas amostras do período de 2022/2023 (100%, 2 amostras) (**Figura 6-67**). Demais parâmetros estiveram em conformidade com a legislação.

No ponto PMQACH 99, coliformes apresentou, em 2022/2023, 100% de violação (8 amostras), similar ao que vinha sendo observado historicamente, com percentuais acima de 80%. Ainda neste período, violações observadas para *E. coli* (50%, 4 de 8 amostras), nitrato (38%, 3 de 8 amostras), cor aparente (63%, 5 de 8 amostras), alumínio total (38%, 3 de 8 amostras), turbidez (50%, 4 de 8 amostras), ferro total (13%, 1 de 8 amostras), gosto e odor (13%, 1 de 8 amostras) e pH (13%, 1 de 8 amostras), representaram um aumento em relação a períodos anteriores (**Figura 6-67**).

No ponto PMQACH 101, apenas coliformes registrou violação em 1 das 2 amostras coletadas no período (50%). Demais parâmetros estiveram em conformidade com a legislação (**Figura 6-67**).

Figura 6-67 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 97, PMQACH 99, e PMQACH 101, localizado no município de Caratinga-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

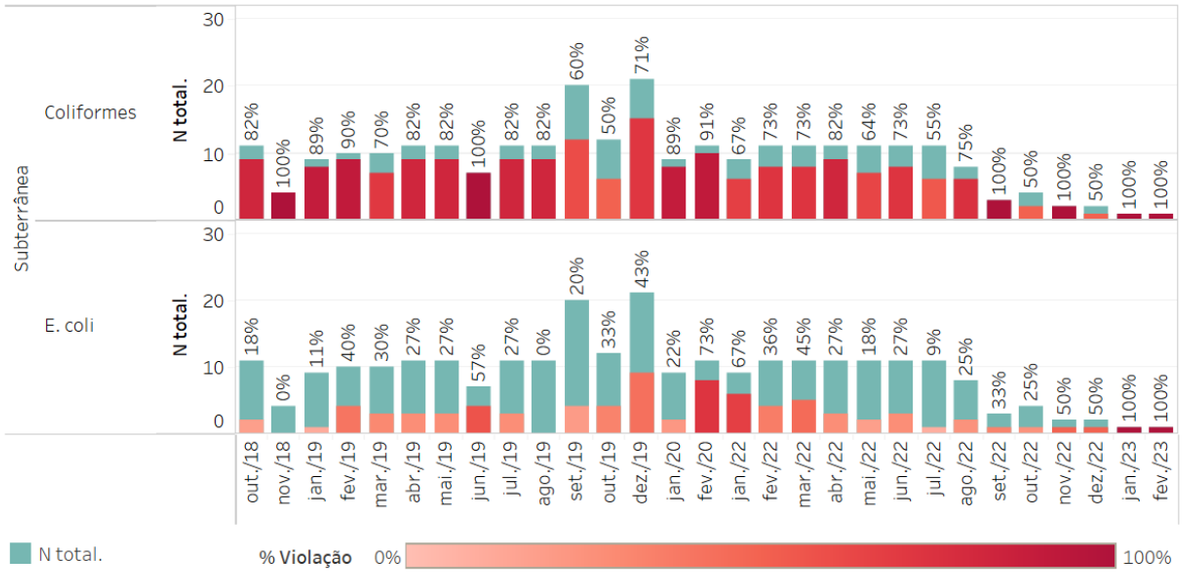


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.8.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Ao longo de todo monitoramento, os pontos de captação subterrânea do município de Caratinga registraram a presença de coliformes em todos os meses de monitoramento, com percentuais iguais ou acima de 50% de violação nas amostras coletadas. Em menores percentuais, *E. coli* também foi detectado nas amostras coletadas em todos os meses monitorados (exceto em novembro/2018 e em agosto/2019). Para nenhum dos dois parâmetros foi possível observar um padrão temporal ou sazonal da presença destes contaminantes microbiológicos (**Figura 6-68**).

Figura 6-68 - Série histórica dos resultados qualitativos da presença de coliformes totais e *E. coli* e percentuais de violação em captação subterrânea, no município de Caratinga.



No município de Caratinga, no ciclo 2022/2023, os pontos PMQACH 88, PMQACH 89 e PMQACH 96 foram monitorados em apenas uma campanha e os pontos PMQACH 92, PMQACH 93, PMQACH 97 e PMQACH 101 foram monitorados em apenas duas campanhas, não sendo possível analisar estatisticamente as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados para estes pontos. Já os pontos PQMQACH 87, PMQACH 90, PMQACH 95 e PMQACH 99 foram analisados estatisticamente e o presente ciclo foi comparado com ciclos pretéritos.

No ponto PMQACH 87 observa-se redução nas concentrações dos parâmetros ferro total, manganês total e SDT no último período avaliado em comparação ao ciclo anterior (p<0,05). Ferro total e manganês total também apresentaram diminuição em suas concentrações no ponto PMQACH 99, o qual também apresentou concentrações mais baixas de bário total, cloreto total, nitrato e sódio total (**Figura 6-69**). No ponto PMQACH 95 nota-se um decréscimo na concentração de bário total e no ponto PMQACH 90 é observado baixas concentrações de bário total, dureza e sólidos dissolvidos totais. Por outro lado, nesse mesmo ponto, houve um aumento nas concentrações de zinco total no último período avaliado em comparação ao ciclo anterior (**Figura 6-69**).

Figura 6-69 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Bário total	Dureza total	Cloreto total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Zinco total
PMQACH 87				↓	↓				↓	
PMQACH 90	↓	↓			—	—	—		↓	↑
PMQACH 95	↓	—							—	
PMQACH 99	↓		↓	↓	↓	↓		↓		

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, foram poucos os parâmetros e pontos que apresentaram resultados significativos (p < 0,05) (**Figura 6-70**). O ponto PMQACH 95 não apresentou parâmetros com diferença significativa entre os períodos chuvosos e secos (p > 0,05). O ponto PQMACH 87 apresentou resultados superiores de dureza total, nitrato e turbidez no período chuvoso e o ponto PMQACH 88 apresentou valores superiores de dureza total e sódio total, todos no período chuvoso (p < 0,05) (**Figura 6-70**). No ponto PMQACH 89 somente o parâmetro dureza total foi superior no período

chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-70**). Durante esse período, os parâmetros ferro total, manganês total e turbidez foram mais elevados no ponto PMQACH 90 e os parâmetros dureza total e sólidos dissolvidos totais no ponto PMQACH 92 ($p < 0,05$) **Figura 6-70**). De forma pontual, somente o parâmetro turbidez foi mais elevado durante o período chuvoso no ponto PMQACH 93 e o parâmetro nitrato nos pontos PMQACH 96, PMQACH 97 e PMQACH 99 ($p < 0,05$) (**Figura 6-70**). Já no ponto PMQACH 101 nota-se aumento nos valores de ferro total e turbidez durante o período chuvoso do último período avaliado ($p < 0,05$) (**Figura 6-70**).

Figura 6-70 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	Turdidez	Sódio total	SDT
PMQACH 87	●			●	●		
PMQACH 88	●					●	
PMQACH 89	●						
PMQACH 90		●	●		●		
PMQACH 92	●						●
PMQACH 93					●		
PMQACH 95							
PMQACH 96				●			
PMQACH 97				●			
PMQACH 99				●			
PMQACH 101		●			●		

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.9 - Santana do Paraíso

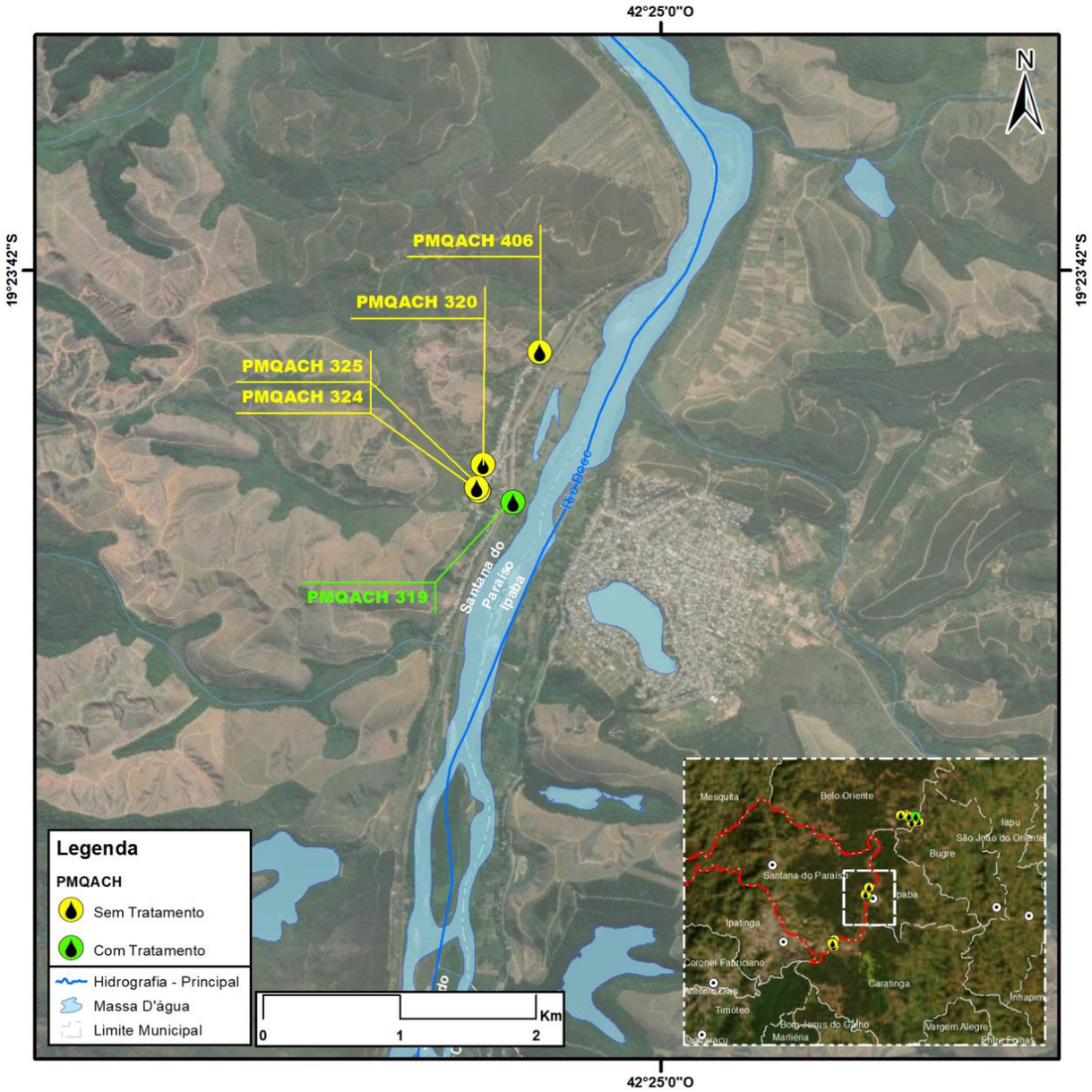
No município de Santana do Paraíso-MG, foram considerados 05 (cinco) pontos de monitoramento, sendo que um é do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e possui tratamento. Os demais não possuem tratamento de água e são do tipo Soluções Alternativas Individuais (SAI) (**Figura 6-71** e **Quadro 6-9**).

Quadro 6-9 - Características do ponto do município de Santana do Paraíso considerado no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 319	Subterrânea	SAA	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 396/2008 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 320 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/08/2022
PMQACH 324 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/10/2022
PMQACH 325 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 406 (1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/06/2023

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-71 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Santana do Paraíso-MG.



6.9.1 - Pontos sem tratamento

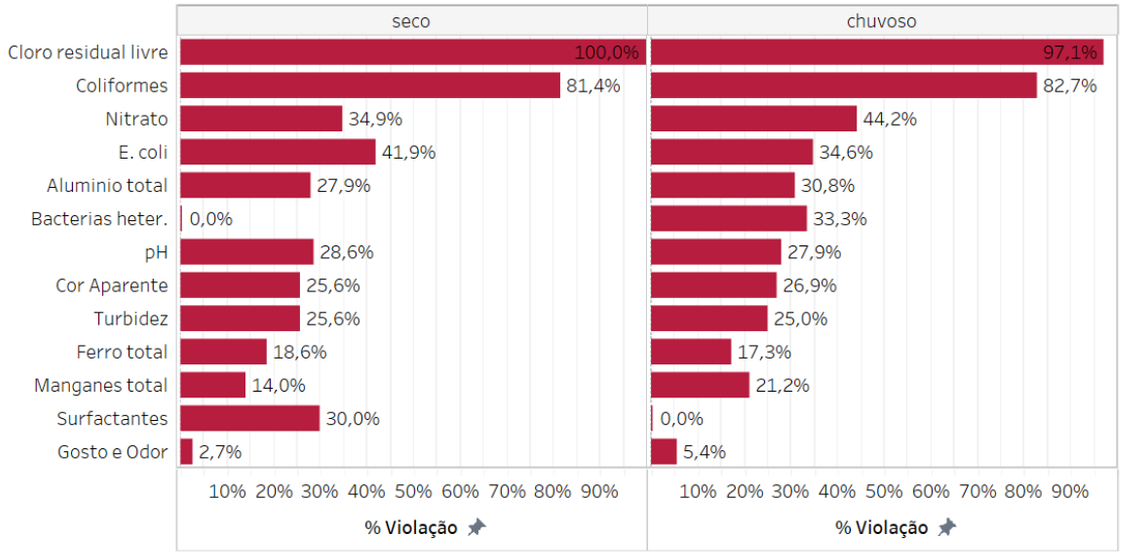
6.9.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Santana do Paraíso-MG, destacam-se cloro residual livre e coliformes por apresentarem percentuais de violação acima de 80% para os dois períodos, chuvoso e seco (**Figura 6-72**). Cloro residual livre apresentou 100% de violação no período seco e 97,1% no período chuvoso. Reforça-se que após a primeira revisão bianual do PMQACH em janeiro de 2022, este parâmetro deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais de violação observados correspondem a períodos pretéritos à esta revisão.

O segundo parâmetro com o maior percentual de violação foi coliformes (81,4% no período seco e 82,7% no período chuvoso) (**Figura 6-72**). Embora contemple um grande grupo de bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, a presença de coliformes também é em alerta para possível exposição da fonte a focos de poluição ou contaminação. De acordo com IBGE (2010), 77,2 % do esgoto gerado em Santana do Paraíso é tratado, o que coloca o município na 246ª posição entre aqueles com maior taxa de tratamento no universo dos 853 municípios de Minas Gerais. (IBGE, 2010), sendo que a 1ª posição corresponde ao município com maior taxa de esgotamento sanitário. Vale destacar que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos.

Entre os demais parâmetros, destacam-se bactérias heterotróficas (33,3% de violação) por violar o limite legal somente no período chuvoso, e surfactantes (30% de violação), por apresentar violação somente no período seco (**Figura 6-72**).

Figura 6-72 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Santana do Paraíso- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Quatro pontos sem tratamento foram monitorados, todos com captação subterrânea e forma de abastecimento do tipo SAI.

O ponto PMQACH 320, na única campanha de 2022/2023, apresentou 100% de violação para coliformes, *E. coli*, alumínio total, ferro total e gosto e odor (1 amostra) (**Figura 6-73**).

No ponto PMQACH 324, no ciclo de 2022/2023, coliformes e *E. coli* apresentaram desconformidade em todas as 3 amostragens realizadas (100%, 3 amostras), mesmo percentual observado na campanha anterior. Além disso, nitrato que não havia apresentado desconformidade em 2021/2022, apresentou violação pontual, em 1 das 3 amostragens de 2022/2023 (33%, 1 de 3 amostras). O parâmetro pH, pela primeira vez no monitoramento apresentou desconformidade em 1 das 3 amostras de 2022/2023 (33%) (**Figura 6-73**).

No ponto PMQACH 325, o parâmetro coliformes apresentou 100% de violação no ciclo de 2022/2023 (2 amostras), mesmo percentual dos dois períodos anteriores. Nitrato também apresentou 100% de violação no último ciclo (2 amostras), o que representou um aumento no percentual desconforme em relação aos períodos anteriores (**Figura 6-73**).

O ponto PMQACH 406 foi o que apresentou a maior quantidade de parâmetros em desconformidade com a legislação em 2021/2022 e 2022/2023. No último ciclo, cor aparente e turbidez registraram desconformidade em todas as amostras (100%, 10 amostras), resultado que representa um aumento no percentual de violação desde 2019/2020. Aumento similar também ocorreu para ferro total que desde 2019/2020 apresentou violações crescentes, registrando 80% de desconformidade no período de 2022/2023 (8 de 10 amostras). Pequenas reduções no percentual de violação foram observadas em 2022/2023 para os parâmetros coliformes (30%, 3 de 10 amostras), pH (60%, 6 de 10 amostras), alumínio total (80%, 8 de 10 amostras) e manganês total (70%, 7 de 10 amostras), em relação ao período anterior. Registra-se ainda, pela primeira vez no monitoramento deste ponto, violação pontual para *E. coli* e gosto e odor (20%, 2 de 10 amostras) (**Figura 6-73**).

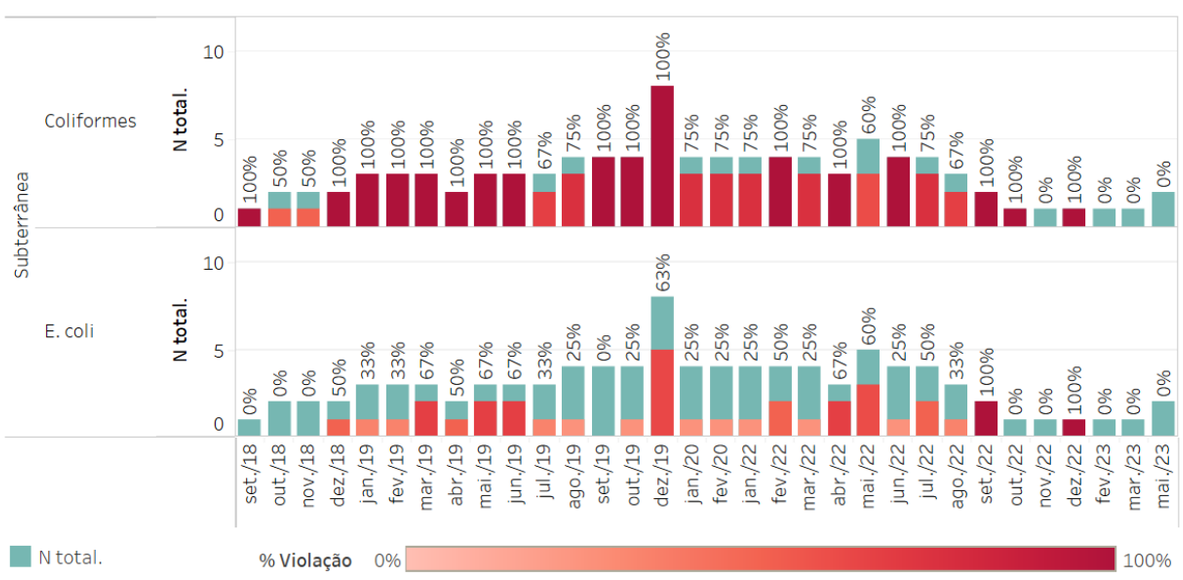
Figura 6-73 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 320, PMQACH 324, PMQACH 325 e PMQACH 406 localizados no município de Santana do Paraíso-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.9.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Nos pontos sem tratamento, a presença de coliformes foi registrada majoritariamente em todo o período de monitoramento. No entanto, nota-se que nos últimos meses não foi registrada a presença de coliformes (novembro/22, fevereiro/23, março/23 e maio/23) (**Figura 6-74**). De modo similar, a presença de *E. coli* não foi registrada, além dos meses citados, em setembro/2018, outubro/2018, novembro/2018, setembro/19 e outubro/22 (**Figura 6-74**). Não foi observado um padrão sazonal ou temporal evidente para presença de coliformes ou *E. coli* no período analisado (**Figura 6-74**).

Figura 6-74 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* dos pontos sem tratamento localizados no município de Santana do Paraíso-MG, e sua variação entre período chuvoso e seco.



O ponto sem tratamento do município de Santana do Paraíso PMQACH 320 foi monitorado em apenas uma campanha no ciclo de 2022/2023 e o ponto PMQACH 325 em apenas duas campanhas. Assim, não foi possível realizar as análises estatísticas para avaliação de tendências temporais das concentrações dos parâmetros no ciclo de 2022/2023 em relação aos períodos anteriores.

Na comparação entre os anos do ponto PMQACH 324, observam-se diferenças significativas (p<0,05) com redução nas concentrações dos parâmetros cloreto total, dureza total e SDT (**Figura 6-75**). Por outro lado, houve aumento das concentrações de ferro total, manganês total, nitrato e zinco total (**Figura 6-75**).

No ponto PMQACH 406 as concentrações de alumínio total tiveram padrão de aumento na comparação entre 2022/2023 e 2021/2022 (**Figura 6-75**).

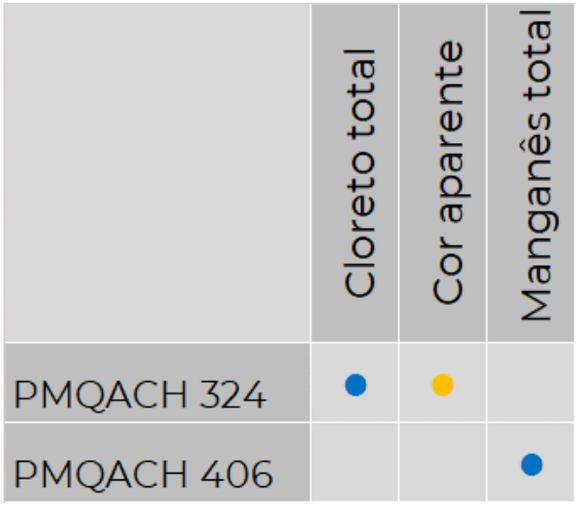
Figura 6-75 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 324			↓		↓	↑	↑	↑			↓	—	↑
PMQACH 406	↑										—		

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, poucos pontos e parâmetros apresentaram diferença significativa entre os períodos chuvosos e secos. Cloreto total apresentou, no ponto PMQACH 324, concentrações superiores durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-76**). Manganês total também apresentou concentrações mais elevadas durante o período chuvoso no ponto PMQACH 406 ($p < 0,05$) (**Figura 6-76**). Ainda no ponto PMQACH 324, a cor aparente apresentou valores mais elevados no período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-76**).

Figura 6-76 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

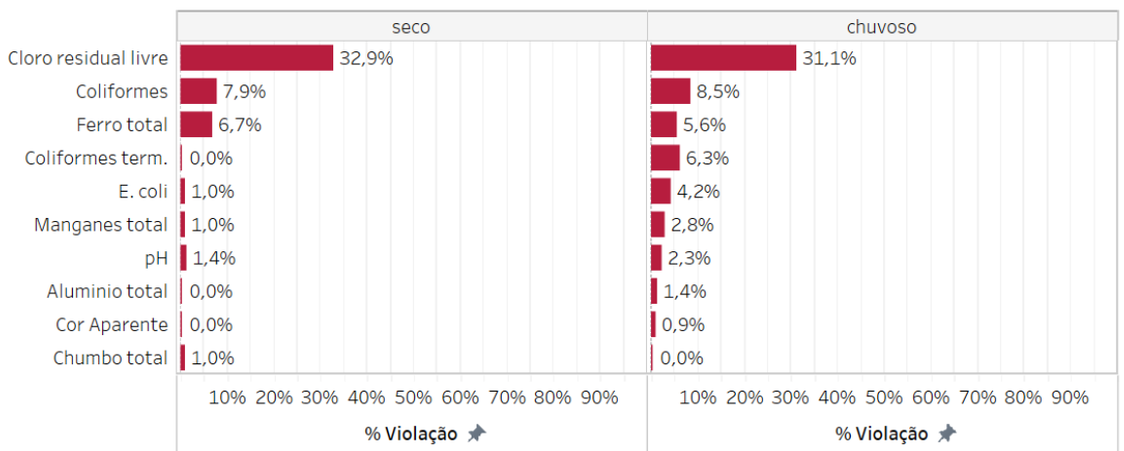
6.9.2 - Pontos com tratamento

6.9.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o ponto com tratamento do município de Santana do Paraíso, foram observados, no geral, baixos percentuais de violação não ultrapassando 33% para os dois períodos (chuvoso e seco) (**Figura 6-77**).

Cloro residual livre se destaca por apresentar os maiores percentuais de violação tanto no período seco (32,9%) quanto no período chuvoso (31,1%). Apesar do ponto receber tratamento de água, onde o cloro é um dos principais produtos utilizados, as concentrações do cloro residual livre foram, no geral, abaixo do limite legal inferior. Isto ajuda a explicar o fato de coliformes apresentar violação para os dois períodos (7,9% no período seco e 8,5% no período chuvoso), e *E. coli* (1% no período seco e 4,2 % no período chuvoso) (**Figura 6-77**). Com relação aos demais parâmetros, destacam-se coliformes termotolerantes (6,3%), alumínio total (1,4% de violação) e cor aparente (0,9% de violação) por violarem os limites legais somente no período chuvoso, e chumbo total (1% de violação) por apresentar violação apenas no período seco (**Figura 6-77**).

Figura 6-77 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento no município de Santana do Paraíso-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

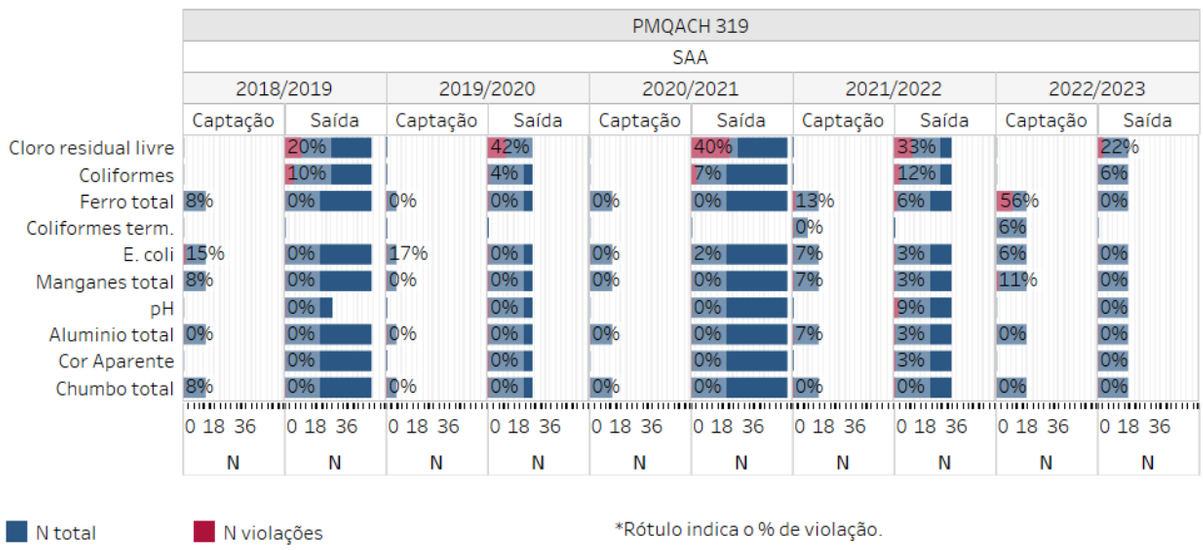


O ponto PMQACH 319, possui tratamento de água, captação subterrânea e abastecimento tipo SAA.

Monitorado exclusivamente na captação, coliformes termotolerantes apresentou, em 2022/2023, violação pontual de 6% (1 de 18 amostras). Observa-se ainda, na captação violação em 2022/2023 para *E. coli* (6%, 1 de 18 amostras), ferro total (56%, 10 de 18 amostras) e manganês total (11%, 2 de 18 amostras). No entanto, na saída do tratamento estes parâmetros apresentaram conformidade, indicando eficiência no tratamento da água em 2022/2023 (**Figura 6-78**).

Em relação a parâmetros monitorados exclusivamente na saída, foi observada uma diminuição do percentual de violação no último ciclo para cloro residual livre (22% de violação, 4 de 18 amostras analisadas) com relação aos três ciclos anteriores (2019/2020, 2020/2021 e 2021/2022). O parâmetro coliformes também apresentou redução no percentual de violação, com desconformidade em apenas 1 das 18 amostras avaliadas no último ciclo (6%) (**Figura 6-78**).

Figura 6-78 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 319 localizado no município de Santana do Paraíso-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



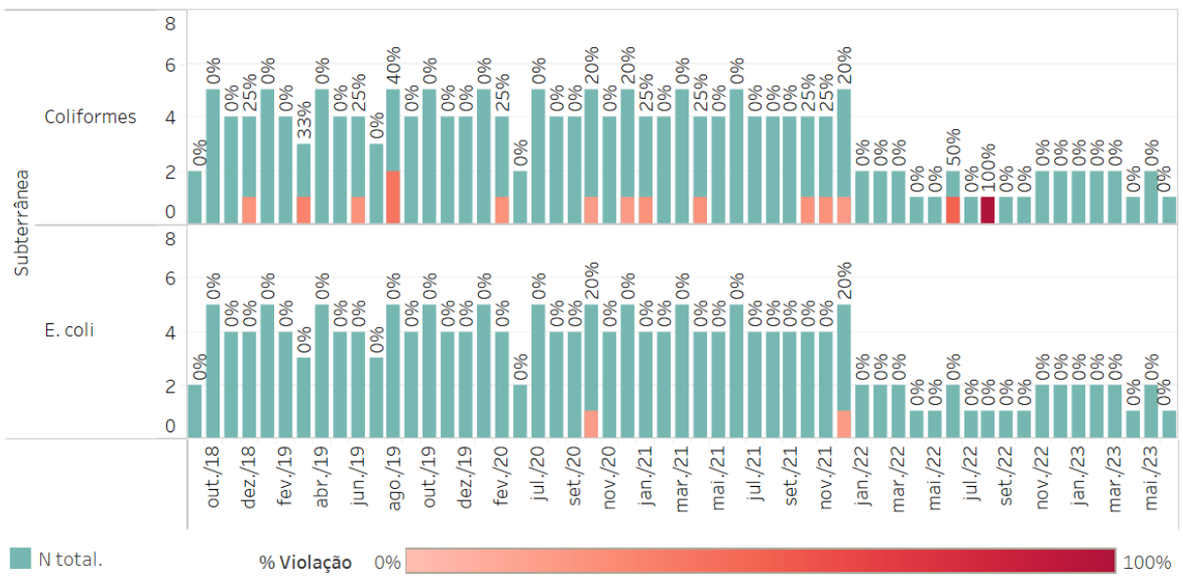
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.9.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

No ponto com tratamento, coliformes e *E. coli* não foram detectados na maioria dos meses monitorados. A presença de coliformes foi observada em apenas 14 dos 55 meses monitorados, com variações entre 10 e 100% de amostras no mês com a presença do contaminante (**Figura 6-79**).

E. coli foi registrada em apenas 2 dos 55 meses amostrados. O percentual de amostras no mês com a presença de *E. coli* nestes dois meses foi de 20%. No geral, não foi observado um padrão sazonal ou temporal evidente para presença de coliformes ou *E. coli* no período analisado (**Figura 6-79**).

Figura 6-79 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento localizados no município de Santana do Paraíso-MG.



No ponto PMQACH 319, na saída do tratamento, todos os resultados significativos ($p<0,05$) apresentaram redução ou padrões não claros dos valores em 2022/2023 em relação aos anos anteriores. A exceção foi pH, cuja tendencia observada foi de aumento ($p < 0,05$). Na captação, as concentrações de manganês total, pH, turbidez e zinco total apresentaram aumento dos valores em 2022/2023 em comparação ao ciclo anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-80**). Por outro lado, apresentaram tendencia à redução em suas concentrações os parâmetros alumínio total, cloreto total, cor aparente, dureza total, nitrato, sódio total, sólidos dissolvidos totais ($p < 0,05$) (**Figura 6-80**).

Figura 6-80 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 319	Captação	↓		↓	↓	↓		↑	↓	↑	↓	↓	↑	↑
	Saída	↓	—	↓	—		↓	↓	↓	↑	—	↓	↓	—

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

No ponto PMQACH 319, somente o pH na saída do ponto apresentou diferença significativa sazonalmente, apresentando resultados superiores durante o período seco ($p < 0,05$).

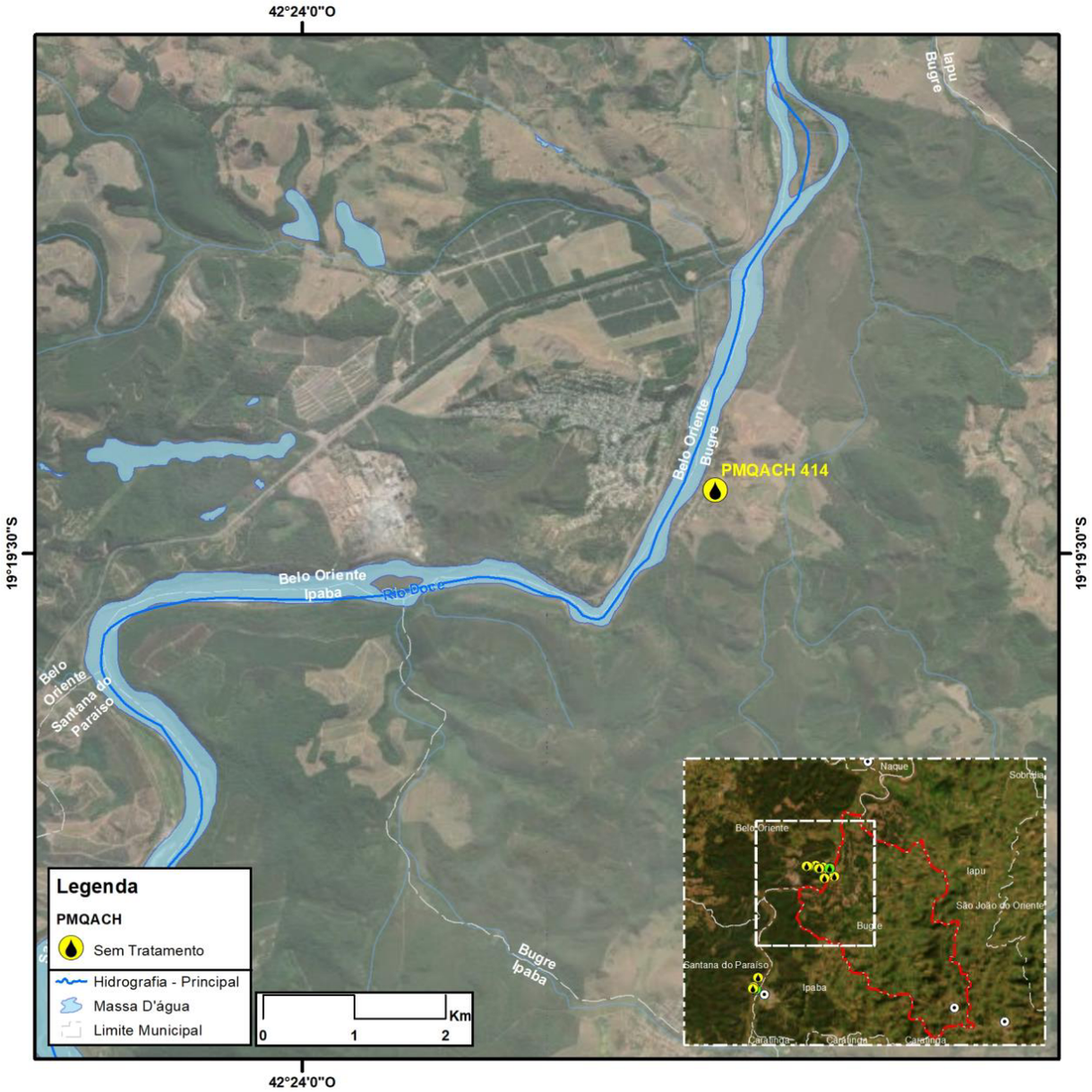
6.10 - Bugre

No município de Bugre-MG, foi considerado 01 (um) ponto de monitoramento, sem tratamento de água e do tipo Soluções Alternativas Coletivas (SAC) (**Figura 6-81** e **Quadro 6-10**).

Quadro 6-10 - Características do ponto do município de Bugre considerado no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 414	Subterrânea	SAC	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo

Figura 6-81 - Localização geográfica do ponto monitorados em Bugre-MG.



6.10.1 - Pontos sem tratamento

6.10.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

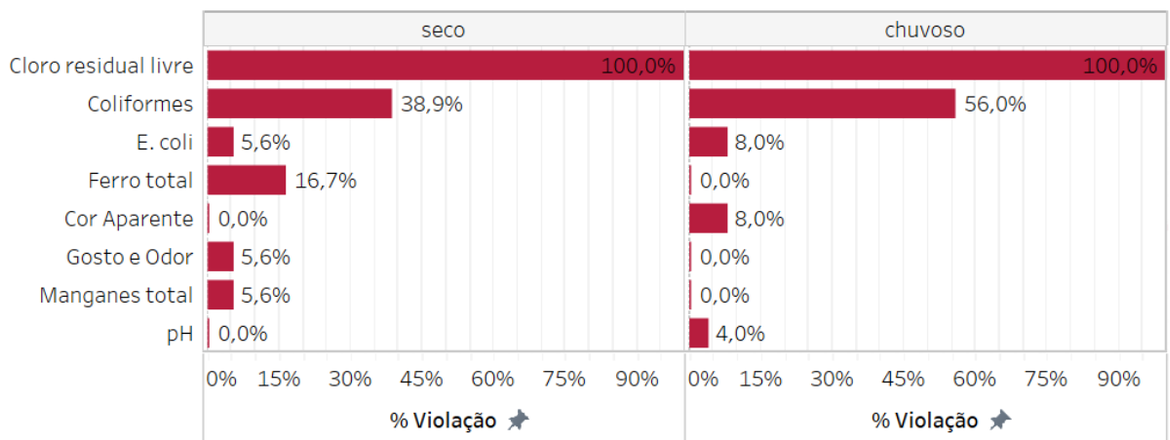
Para o município de Bugre-MG, os parâmetros com maiores percentuais de violação foram cloro residual livre e coliformes totais, sendo que o cloro apresentou 100% de violação no período seco e no período chuvoso (**Figura 6-82**). As violações observadas para o cloro residual livre foram, no geral, com resultados abaixo da faixa do limite estabelecido no Anexo XX da PRC n° 5/2017, o que era esperado visto que o ponto de monitoramento do município não apresenta tratamento de água. Reforça-se, no entanto, que a partir de janeiro/2022, com a primeira revisão bianual do PMQACH, o parâmetro cloro residual livre deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais observados referem-se ao período pretérito a esta revisão.

Dessa forma, a contaminação microbiológica observada pode estar relacionada a não adição de cloro nas águas. Os coliformes apresentaram percentual de violação ligeiramente mais elevados no período chuvoso (56%) em relação ao período seco (38,9%), assim como *E. coli*, cujo percentual de violação foi de 5,6% no período seco e 8% no período chuvoso (**Figura 6-82**).

A falta de tratamento dos efluentes domésticos ou da criação de animais pode ser a causa da contaminação da água por coliformes totais e *E. coli*. O município de Bugre-MG apresenta um reduzido percentual de esgotamento sanitário adequado (9,4%; IBGE, 2010), onde um tratamento simples de desinfecção por cloração é empregado. Comparado a outros municípios do estado de Minas Gerais, Bugre ocupa a 804ª posição de 853 municípios em taxa de esgotamento sanitário adequado (considera-se a 1ª posição como a que contém esgotamento sanitário mais adequado). O reduzido percentual de tratamento adequado do esgoto sanitário no município ajuda a explicar a contaminação por coliformes e *E. coli*, dois parâmetros indicados como prioritários para gestão na bacia do rio Doce (PIRH, 2021).

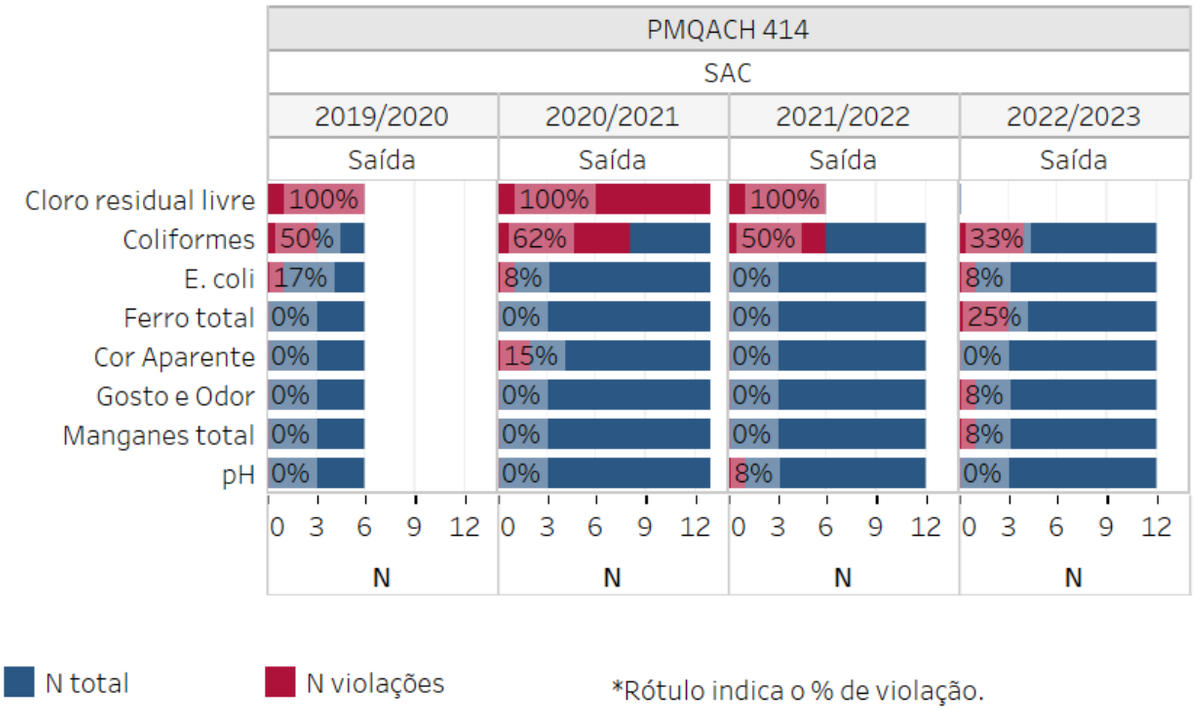
Em menores percentuais, os parâmetros pH (4%) e cor aparente (8%) apresentaram violações apenas no período chuvoso, enquanto ferro total (16,7%), gosto e odor e manganês total (ambos, 5,6%) apresentaram violação apenas no período seco (**Figura 6-82)**.

Figura 6-82 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Bugre-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



O ponto PMQACH 414, que possui abastecimento tipo SAC e captação subterrânea, apresentou redução no percentual de violação para coliformes em 2022/2023 (33%, 4 de 12 amostras) em relação ao período anterior. Por outro lado, foram observadas pela primeira vez violações para ferro (25%, 3 de 12 amostras), gosto e odor e manganês total (ambos, 8%, 1 de 12 amostras). *E. coli* que havia apresentado conformidade em 2021/2022, apresentou violação pontual em 2022/2023 (8%, 1 de 12 amostras) (**Figura 6-83**).

Figura 6-83 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 414, localizado no município de Bugre-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



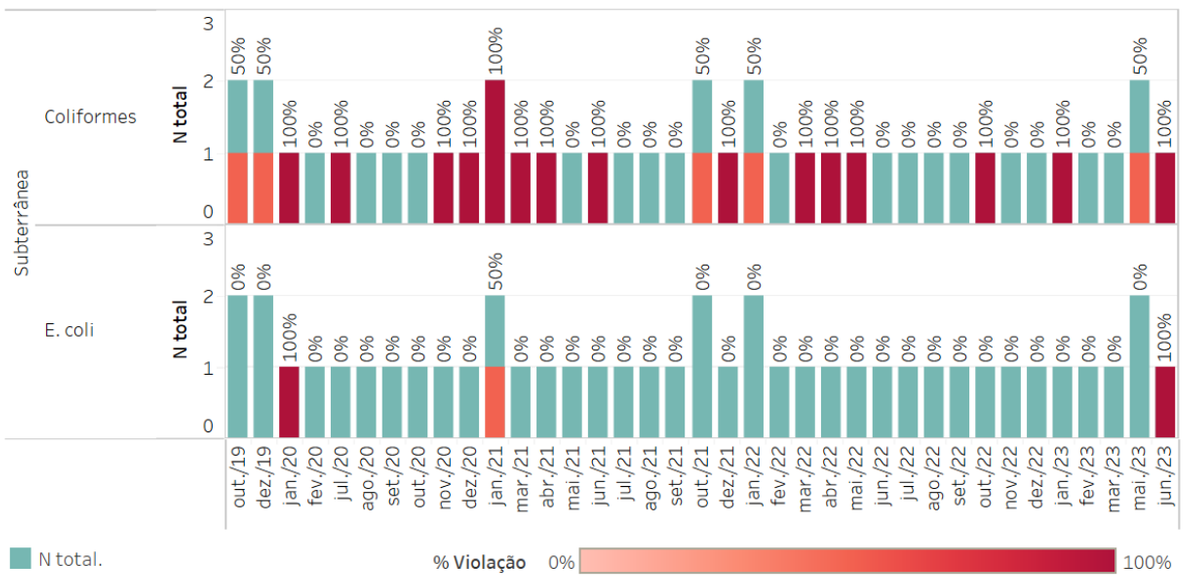
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.10.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

O ponto de captação subterrânea do tipo SAC, PMQACH 414, não apresentou um padrão claro de variação do percentual de violação ao longo de todos os meses de monitoramento para coliformes e *E. coli*. Também não é possível observar padrões de aumento ou diminuição em relação a presença destes microrganismos nos meses chuvosos e secos.

No período avaliado neste relatório, julho/22 a julho/23, a presença de *E. coli* foi identificada apenas no mês de junho/2023 (100%). Neste mesmo período, a presença de coliformes nas amostras variou entre 0 e 100%, sendo detectada nos meses de outubro/2022, janeiro/2023, maio/2023 e junho/2023, sem padrões claros (**Figura 6-84**).

Figura 6-84 - Série histórica dos resultados qualitativos da presença de coliformes totais e *E. coli* e percentuais de violação em captação subterrânea, no município de Bugre.



De maneira geral, no ponto PMQACH 414 destaca-se o padrão de aumento das concentrações de dureza total, ferro total, manganês total, pH, sódio total e sólidos dissolvidos totais no último período avaliado comparado ao ciclo anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-85**). Neste ponto, somente o alumínio total apresentou concentrações mais baixas no último período avaliado em comparação ao ciclo anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-85**).

Figura 6-85 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Bário total	Dureza total	Cloreto total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 414	↓		↑		↑	↑		↑	↑	↑	—	

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, somente o parâmetro pH apresentou aumento durante o período de seca no ponto PMQACH 414 ($p < 0,05$) (**Figura 6-86**).

Figura 6-86 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

- valores significativamente superiores no período chuvoso;
- valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.11 - Belo Oriente

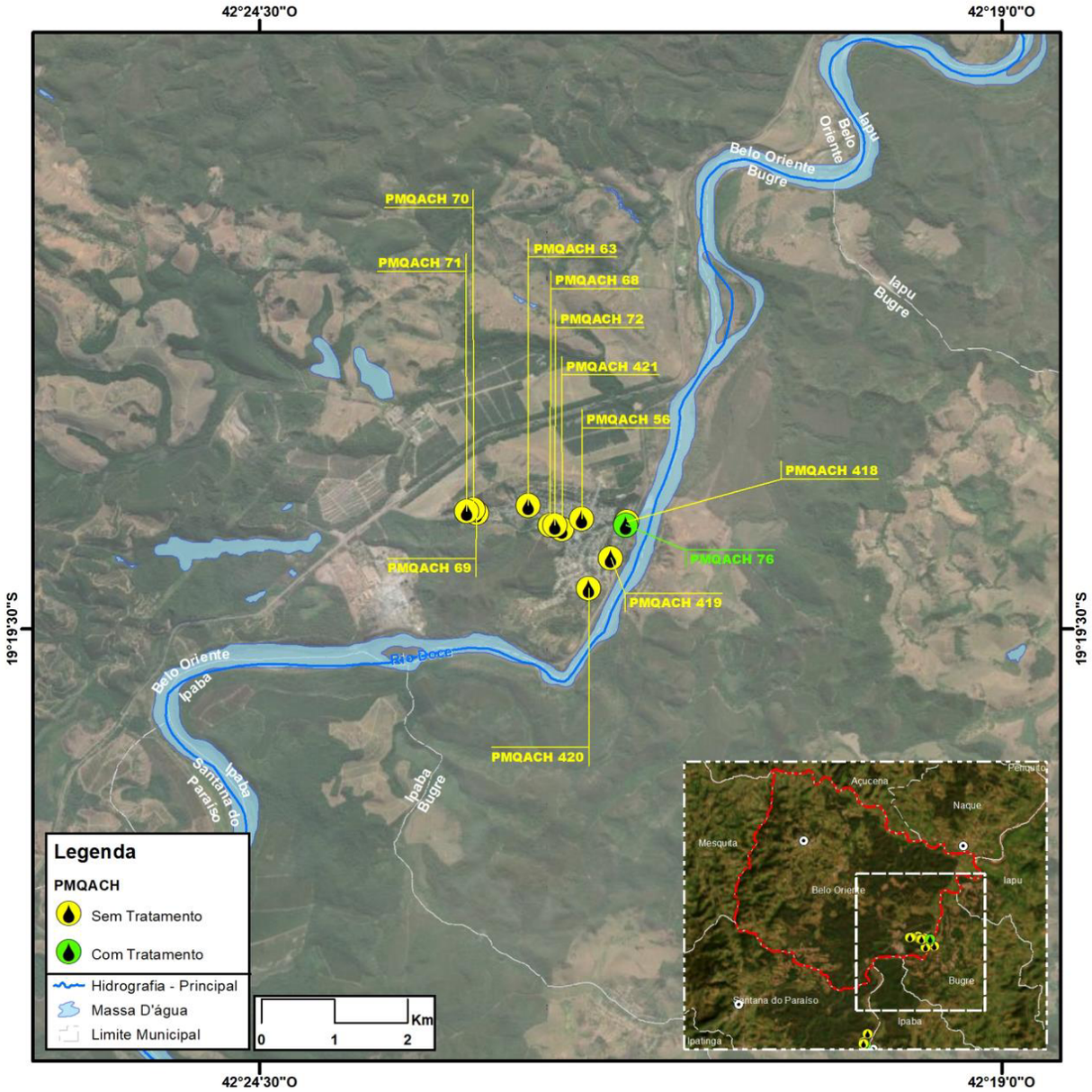
No município de Belo Oriente - MG, foram considerados 12 pontos de monitoramento. Destes, um possui tratamento de água e é do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA). Os demais não possuem tratamento de água e são do tipo Soluções Alternativas Individuais (SAI) (**Figura 6-87** e **Quadro 6-11**).

Quadro 6-11 - Características dos pontos do município de Belo Oriente considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 56 1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/10/2022
PMQACH 63 1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/12/2022
PMQACH 68 1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/11/2022
PMQACH 69 1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/12/2022
PMQACH 70 1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 71 1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 72 1)	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 418	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 419	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 420	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 421	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 76	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-87 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Belo Oriente - MG.



6.11.1 - Pontos sem tratamento

6.11.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para os pontos sem tratamento do município de Belo Oriente - MG, cloro residual livre e coliformes foram os parâmetros com maiores percentuais de violação (>70%). Cloro residual livre apresentou 100% de violação em ambos os períodos seco e período chuvoso (**Figura 6-88**). Reforça-se, entretanto, que com a revisão bianual do PMQACH, a partir de janeiro/2022, este parâmetro deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais observados referem-se ao período pretérito a esta revisão.

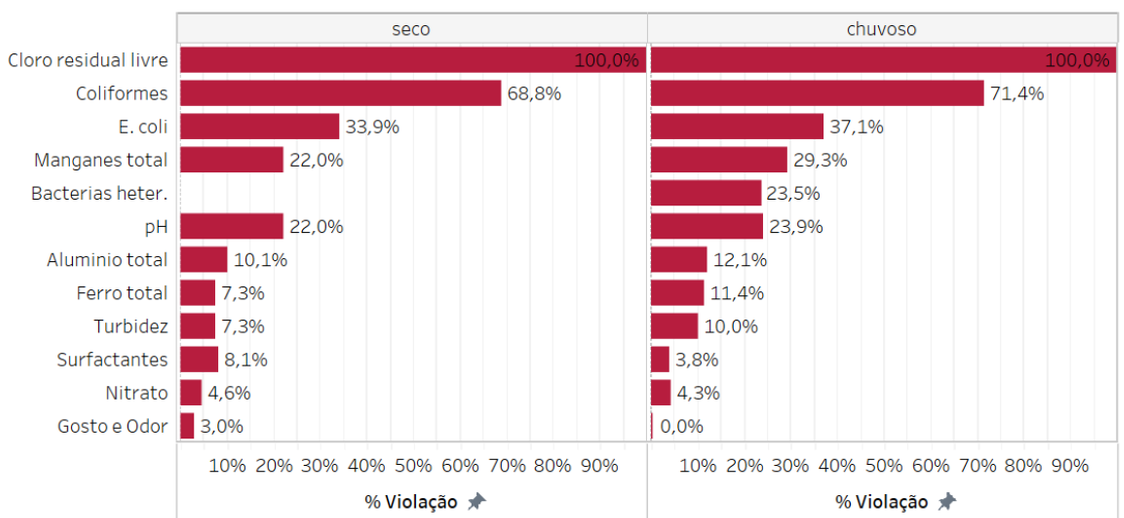
Os elevados percentuais de violação do cloro residual livre se deram principalmente no limite inferior, ou seja, os valores mensurados foram menores do que o preconizado pela legislação vigente. No entanto, estas baixas concentrações são esperadas, uma vez que estes os pontos não têm sistema de tratamento de água.

Como resultado da não cloração da água, foram observadas a presença de indicadores de contaminação por microrganismos na água: coliformes apresentou o segundo maior percentual de violação, sendo 68,8% no período seco e 71,4% no período chuvoso, seguido por e *E. coli* (33,9% de violação no período seco e 37,1% no período chuvoso), indicando a relação com uso e ocupação do solo local, através da contaminação fecal proveniente de esgoto doméstico ou criação de animais. (**Figura 6-88**). Estes parâmetros foram apontados como prioritários para a busca de soluções pela mais recente revisão do plano integrado da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021).

No município de Belo Oriente, o percentual de esgotamento sanitário de acordo com o IBGE (2010) é de 75,9%. Comparando com outros municípios de Minas Gerais (total de 853 municípios), Belo Oriente ocupa a 266ª posição na ordem de maior quantidade de esgotamento sanitário adequado (a 1ª posição é a que contém maior parte do município com esgotamento sanitário adequado). A ausência de esgotamento sanitário em quase 1/4 do município ajuda a explicar a contaminação por coliformes e *E. coli* (**Figura 6-88**).

Manganês total, bactérias heterotróficas, pH, alumínio total e ferro total apresentaram percentuais de violação abaixo de 30% para ambos os períodos, porém acima de 10% para pelo menos um dos períodos. Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação abaixo de 10%. Observa-se que não há influência do período sazonal nos percentuais de violação dos parâmetros que apresentaram violação no período monitorado.

Figura 6-88 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados sem tratamento no município de Belo Oriente- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Onze pontos sem tratamento foram monitorados, todos eles com captação subterrânea e abastecimento tipo SAI.

No ponto PMQACH 56, em 2022/2023, manganês total apresentou 67% de violação em suas amostras (2 de 3 amostras), resultado que indica uma diminuição no percentual desconforme em relação ao período anterior. Por outro lado, apresentaram aumento no percentual de violação em 2022/2023 os parâmetros ferro total (67%, 2 de 3 amostras) e turbidez (33%, 1 de 3 amostras).

No ponto PMQACH 63 os percentuais de violação observados em 2022/2023 para coliformes (80%, 4 de 5 amostras) e pH (100%, todas as 5 amostras) foram os mesmos do período anterior. Manganês total e alumínio total registraram violação pontual em 2022/2023 (20%, 1 de 5 amostras para ambos os parâmetros), o que representou uma redução em relação ao percentual desconforme do período anterior. Turbidez registrou no último ciclo 2 de 5 amostras em desconformidade (40%), um aumento em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-89**).

No ponto PMQACH 68 foi observado aumento no percentual de violação em 2022/2023 para coliformes (100%, 4 amostras), pH (75%, 3 de 4 amostras) e nitrato (25%, 1 de 4 amostras) (**Figura 6-89**) em relação ao período anterior.

No ponto PMQACH 69 coliformes apresentou todas as 5 amostras do período de 2022/2023 em desconformidade (100%, 5 amostras), tal como observado em ciclos anteriores. *E. coli* registrou, em 2022/2023, 80% de amostras em desconformidade (4 de 5 amostras), resultado similar ao já observado no início do monitoramento. Manganês total registrou no último ciclo 60% de violação (3 de 5 amostras), o que representa uma pequena redução em relação ao ciclo anterior. De modo pontual, em 2022/2023, alumínio total e nitrato registraram 20% de amostras em desconformidade (1 de 5 amostras) (**Figura 6-89**).

Figura 6-89 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 56, PMQACH 63, PMQACH 68 e PMQACH 69 localizados no município de Belo Oriente - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

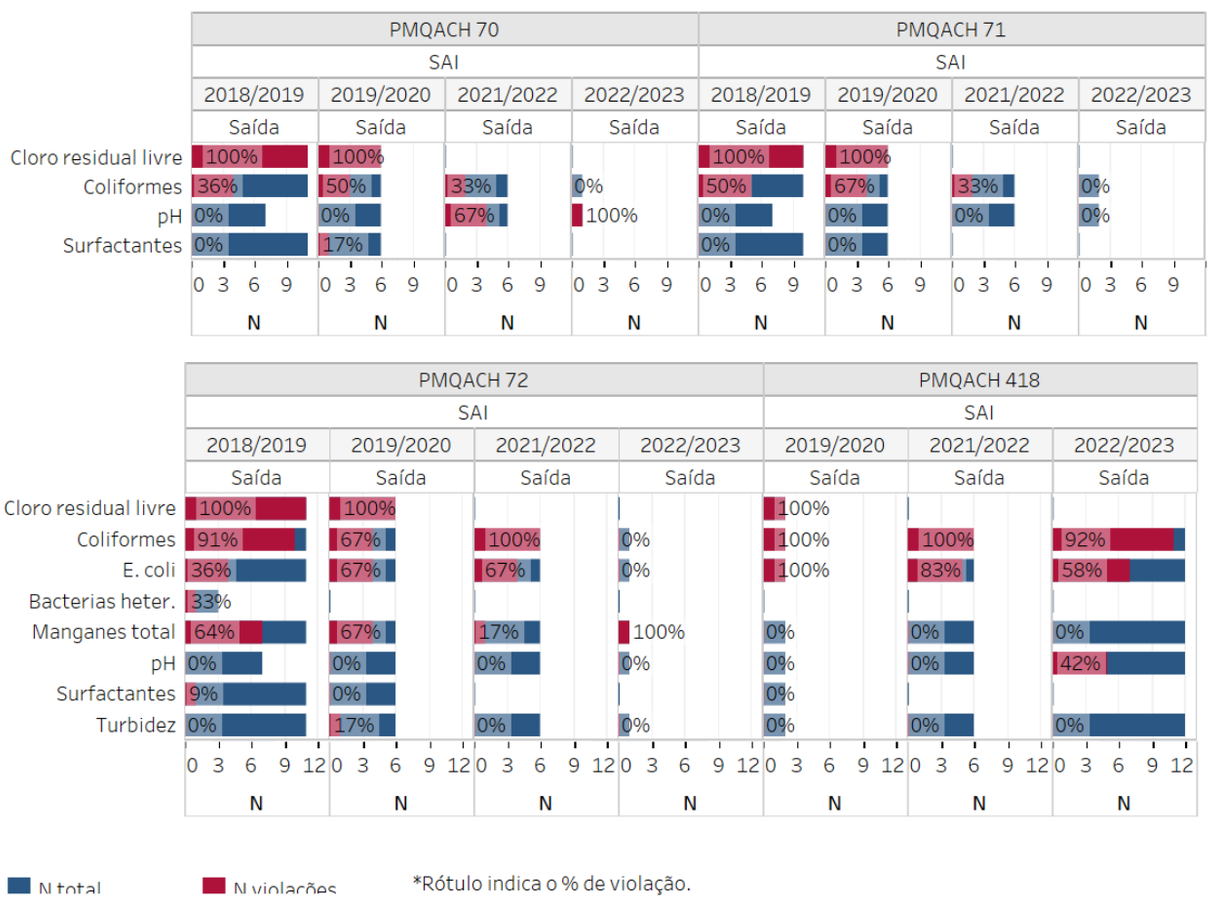
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Os pontos PMQACH 70, PMQACH 71 e PMQACH 72, tiveram apenas uma amostragem no período de 2022/2023. Nesse período, no ponto PMQACH 70, apenas pH apresentou desconformidade (100%, 1 amostra) e no ponto PMQACH 72 apenas manganês

total (100%, 1 amostra). No ponto PMQACH 71 todos os parâmetros apresentaram conformidade com a legislação na única amostragem realizada (**Figura 6-90**).

No ponto PMQACH 418 em 2022/2023, coliformes registrou 92% de violação (11 de 12 amostras), percentual tão elevado quanto o observado em períodos anteriores. *E. coli* apresentou pequena redução no percentual de violação no último ciclo (58%, 7 de 12 amostras) em relação ao ciclo anterior. Pela primeira vez no monitoramento, em 2022/2023, pH registrou 5 de 12 amostras em desconformidade (42%).

Figura 6-90 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 70, PMQACH 71, PMQACH 72 e PMQACH 418 localizados no município de Belo Oriente - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.



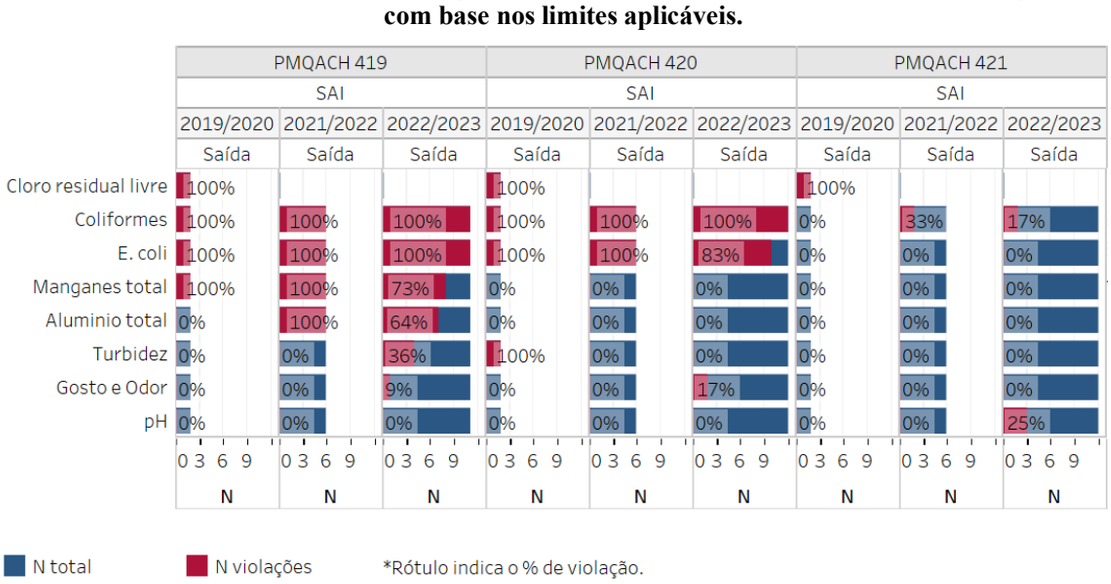
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 419, em 2022/2023, coliformes e *E. coli* mantiveram os 100% de amostras em desconformidade (11 amostras), tal como em períodos anteriores. No último ciclo foi observada pequena redução no percentual de violação para manganês total (73%, 8 de 11 amostras) e alumínio total (64%, 7 de 11 amostras) em relação ao período anterior. Registraram violação pela primeira vez no monitoramento turbidez com 36% de amostras em desconformidade (4 de 11 amostras) e gosto e odor com 9% (1 de 11 amostras) (**Figura 6-91**).

No ponto PMQACH 420, em 2022/2023, todas as 12 amostras de coliformes do período apresentaram desconformidade com a legislação, tal como observado em períodos anteriores (100%). *E. coli* violou os limites legais em 10 das 12 amostras do último ciclo (83% de violação). Pela primeira vez no monitoramento, em 2 amostragens do último ciclo, gosto e odor também apresentou desconformidade (17% de violação) (**Figura 6-91**).

No ponto PMQACH 421, no ciclo de 2022/2023, de modo pontual, coliformes registrou 17% de violação (2 de 12 amostras) e pH 25% (3 de 12 amostras), sendo este último parâmetro registrada desconformidade pela primeira vez no monitoramento (**Figura 6-91**).

Figura 6-91 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 419, PMQACH 420, PMQACH 421 localizados no município de Belo Oriente - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

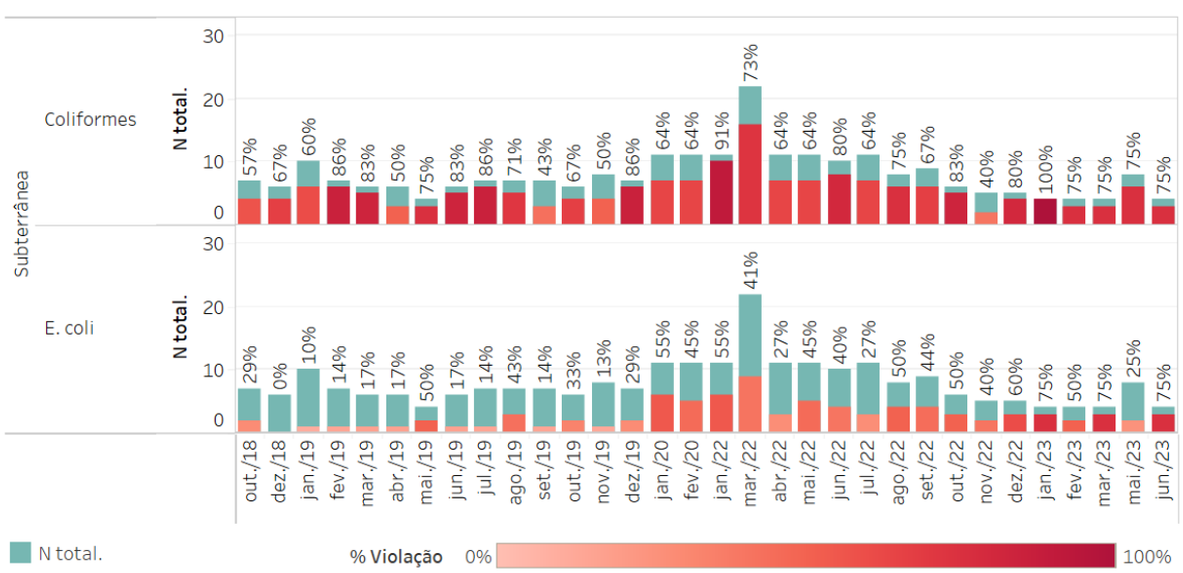


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.11.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Nos pontos sem tratamento, a presença de coliformes foi registrada em todos os meses de monitoramento, com percentuais variando entre 40% e 100% das amostras do mês com a presença do contaminante (**Figura 6-92**). *E. coli* também foi registrada em todos os meses de monitoramento, exceto em dezembro/2018, e *apresentou* percentuais da presença do microrganismo no mês variando entre 10% e 75%. Não foi possível observar um padrão temporal ou sazonal evidente para presença de coliformes ou *E. coli* para o período monitorado (**Figura 6-92**).

Figura 6-92 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Belo Oriente - MG.

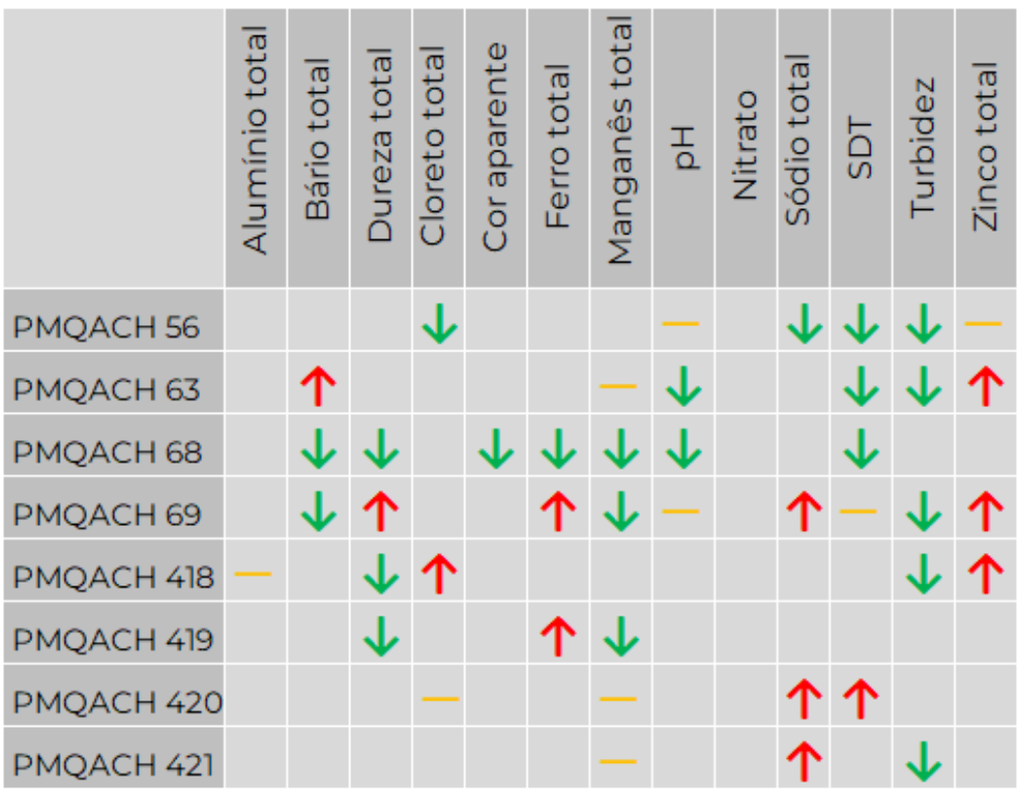


No município de Belo Oriente, no ciclo 2022/2023, os pontos PMQACH 70 e PMQACH 72 foram monitorados em apenas uma campanha e o ponto PMQACH 71 foi monitorado em apenas duas campanhas, não sendo possível analisar estatisticamente as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados para estes pontos. Já os pontos PQMQACH 56, PMQACH 63, PMQACH 68, PMQACH 69, PMQACH 418, PMQACH 419, PMQACH 420 e PMQACH 421 foram devidamente analisados estatisticamente e o presente ciclo foi comparado com ciclos pretéritos.

No ponto PMQACH 56 observou-se queda nas concentrações de cloreto total, sódio total, sólidos dissolvidos totais e turbidez no último período avaliado 2022/2023, em comparação aos ciclos anteriores. Seguindo também uma tendência de redução, os parâmetros bário, dureza, ferro, manganês total, cor aparente, pH e sólidos dissolvidos totais apresentaram uma redução em suas concentrações no ponto PMQACH 68 ($p < 0,05$) (**Figura 6-93**). Os parâmetros também apresentaram redução no último período em outros pontos de monitoramento: PMQACH 63 (pH, sólidos dissolvidos totais e turbidez), PMQACH 69 (bário, manganês total e turbidez), PMQACH 418 (dureza total e turbidez), PMQACH 419 (dureza e manganês total) e PMQACH 421 (turbidez) ($p < 0,05$) (**Figura 6-93**).

Em relação a padrões de aumento em 2022/2023, destacam-se os parâmetros bário total (PMQACH 63), dureza total (PMQACH 69), cloreto total (PMQACH 418), ferro total (PMQACH 69 e 419), sódio total (PMQACH 69, 420 e 421), sólidos dissolvidos totais (PMQACH 420) e zinco total (PMQACH 63, 69 e 418) ($p < 0,05$) (**Figura 6-93**).

Figura 6-93 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

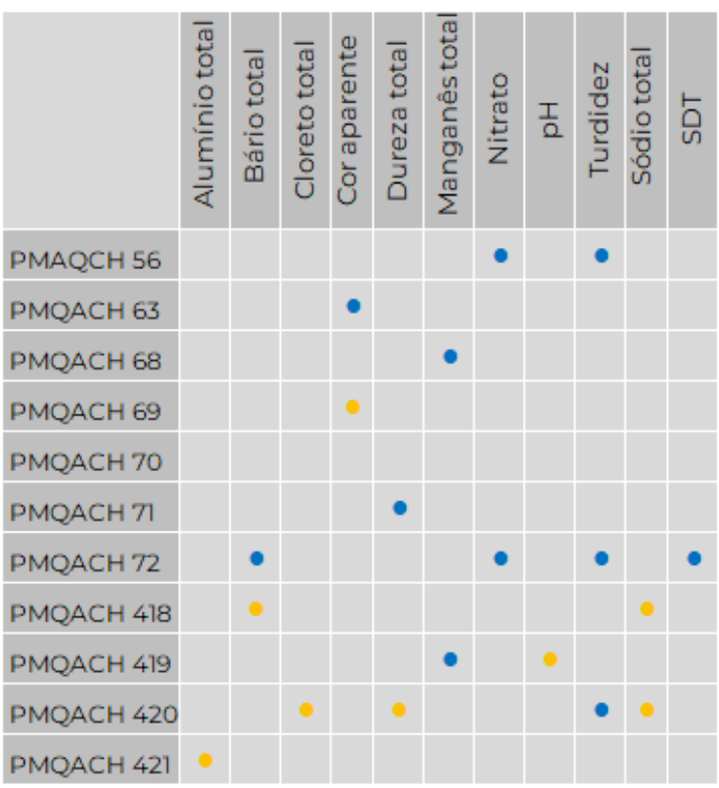


↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados; ↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, apenas os parâmetros e pontos relacionados na **Figura 6-94** apresentaram resultados significativos ($p < 0,05$). Durante o período chuvoso nota-se concentrações mais elevadas de manganês total nos pontos PMQACH 68 e 419, nitrato nos pontos PMQACH 56 e 72 e turbidez nos pontos PMQACH 56, 72 e 420 ($p < 0,05$) (**Figura 6-94**). Para o mesmo período, é observado aumento pontual dos parâmetros bário total (PMQACH 72), cor aparente (PMQACH 63), dureza total (PMQACH 71) e sólidos dissolvidos totais (PMQACH 72) ($p < 0,05$) (**Figura 6-94**).

Já para o período seco, foram observadas concentrações mais elevadas de bário e sódio total no ponto PMQACH 418 e cloreto, dureza e sódio total no ponto PMQACH 420. Pontualmente, os parâmetros cor aparente (PMQACH 69), pH (PMQACH 419) e alumínio total (PMQACH 421) também demonstraram aumento durante o período de ($p < 0,05$) (**Figura 6-94**).

Figura 6-94 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



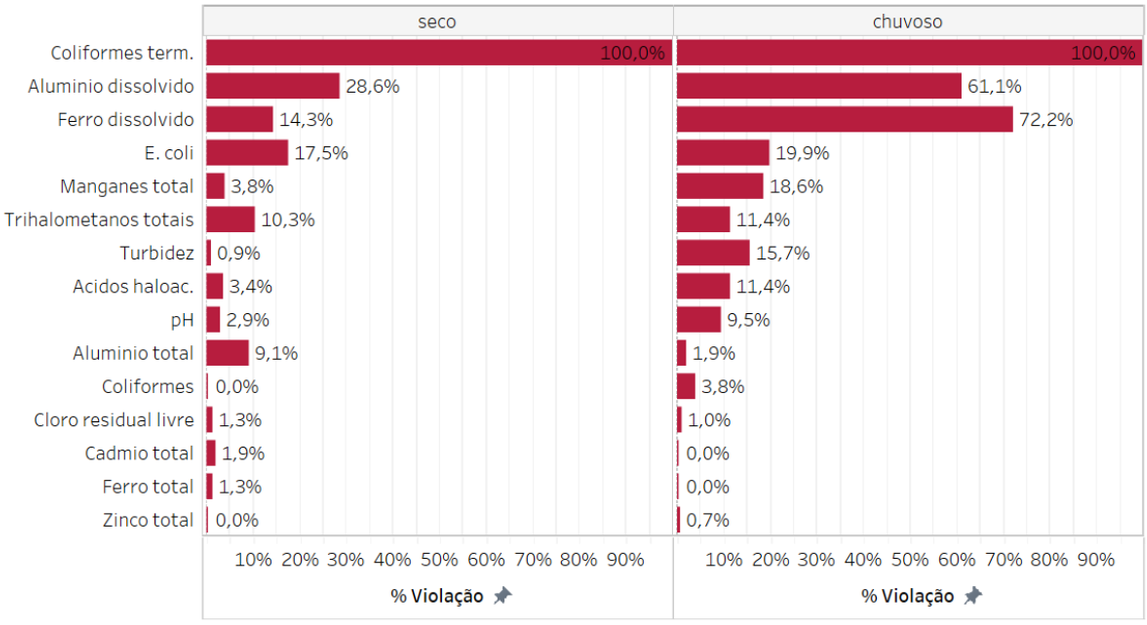
● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.11.2 - Pontos com tratamento

6.11.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o ponto com tratamento do município de Belo Oriente - MG, coliformes termotolerantes apresentou 100% de violação em ambos os períodos sazonais. Alumínio dissolvido e ferro dissolvido apresentaram violações marcadas pela sazonalidade. O primeiro registrou 61,1% de violação no período chuvoso e 28,6 no período de seca, enquanto o segundo registrou 72,2% no período chuvoso e 14,3% no período de seca (**Figura 6-95**). Ressalta-se, no entanto, que estes parâmetros passaram a ser monitorados após a primeira revisão bianual do PMQACH. O elevado percentual de violação para ferro dissolvido e alumínio dissolvido no período chuvoso pode estar associado à maior taxa de lixiviação durante as chuvas, o que leva partículas destes metais provenientes de forma natural (de rochas e solos da bacia) a elevarem a concentração deste parâmetro nas águas da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). Os demais parâmetros apresentaram menores percentuais de violação (abaixo de 20%) (**Figura 6-95**).

Figura 6-95 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados com tratamento no município de Belo Oriente- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

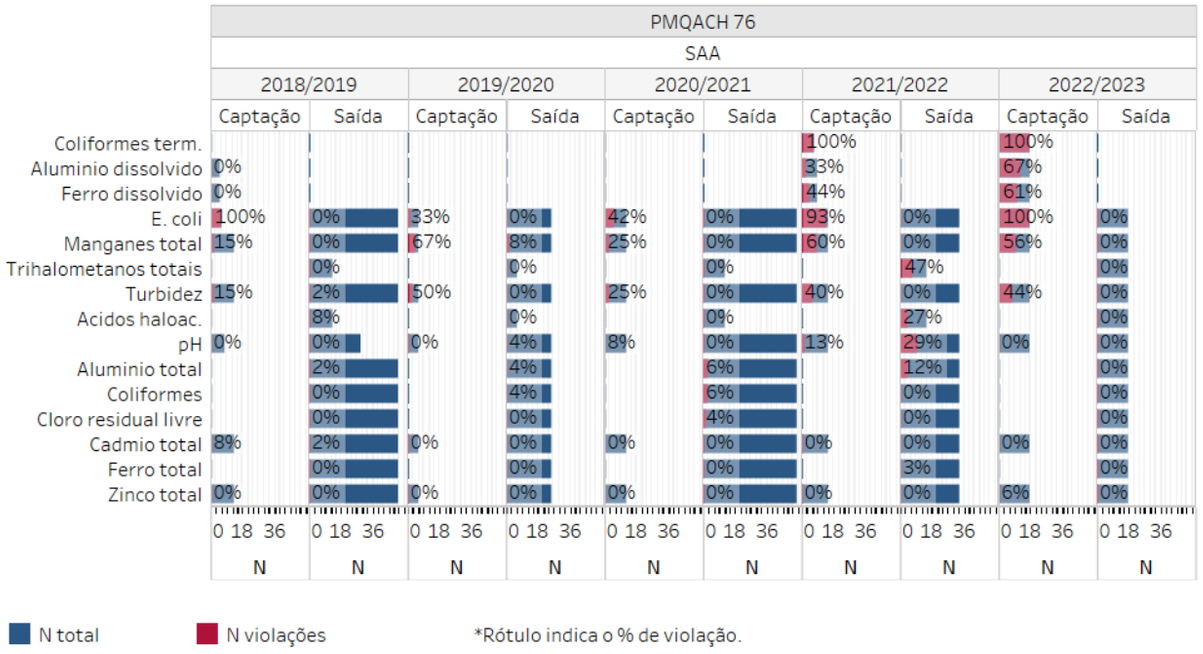


O ponto PMQACH 76 apresenta captação superficial e abastecimento do tipo SAA.

Entre os parâmetros monitorados exclusivamente na captação, foi observado em 2022/2023, 100% de violação para coliformes termotolerantes (18 amostras), tal como no ciclo anterior de 2021/2022 (**Figura 6-96**). Também no último ciclo, foi observado aumento no percentual de violação alumínio dissolvido (67%, 12 de 18 amostras) e ferro dissolvido (61% 11 de 18 amostras) em relação ao ciclo de 2021/2022, quando estes parâmetros começaram a ser monitorados (**Figura 6-96**).

Quando comparadas as violações de parâmetros monitorados na captação e na saída notou-se eficiência no tratamento de água, uma vez que foram registradas violações *E. coli* (100%, 18 amostras), manganês total (56%, 10 de 18 amostras), turbidez (44%, 8 de 18 amostras) e zinco total (6% 1 de 18 amostras) na captação e conformidade na saída do tratamento (**Figura 6-96**).

Figura 6-96 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 76 localizado no município de Belo Oriente - MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

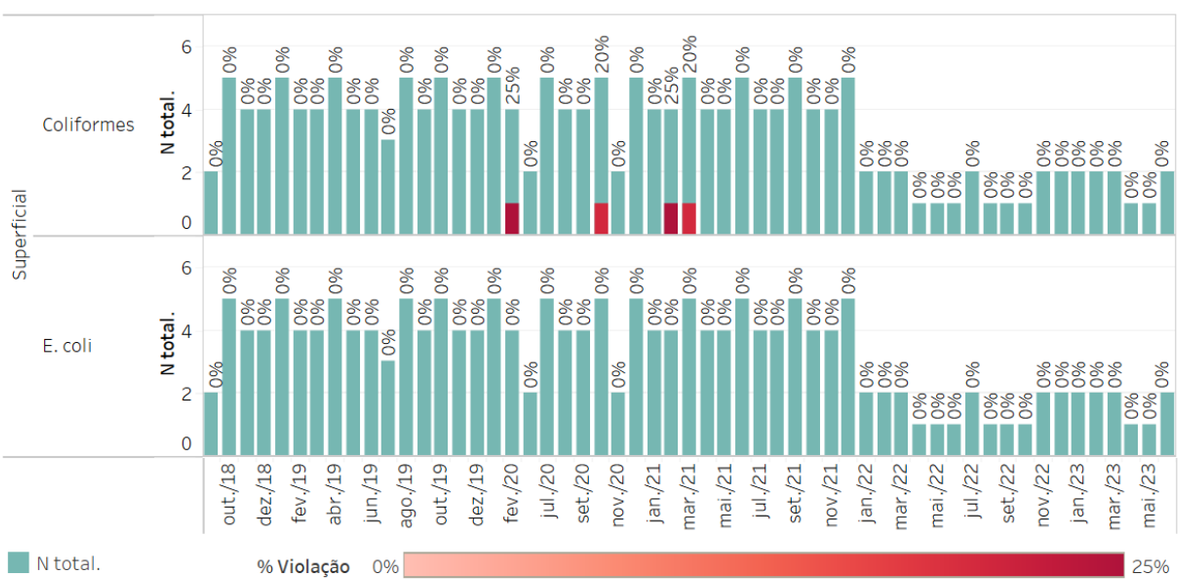


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.11.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída do ponto PMQACH 76, a presença de coliformes foi registrada em apenas 4 meses do monitoramento (fevereiro e outubro/2020, e fevereiro e março/2021), com percentuais da presença do contaminante em menos de 25% das amostras do mês (**Figura 6-97**). Não foi detectada a presença de *E. coli* durante o monitoramento neste ponto. No geral, não foi encontrado nenhum padrão temporal ou sazonal evidente para coliformes e *E. coli* no período monitorado.

Figura 6-97 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída do ponto com tratamento localizados no município de Belo Oriente - MG, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Em 2022/2023, o ponto PMQACH 76 apresentou redução nos valores de sólidos dissolvidos totais e aumento nos valores de zinco total, tanto na captação quanto na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-98**). Ainda foi possível observar a redução das concentrações de cloreto total na captação e de turbidez na saída, que também demonstrou aumento na concentração de dureza total ($p < 0,05$) (**Figura 6-98**).

Figura 6-98 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 76	Captação			↓		—			—		—	↓		↑
	Saída	—	—	—		↑			—	—		↓	↓	↑

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, na captação do ponto PMQACH 76 foi observado aumento nas concentrações de alumínio, bário, ferro, manganês total e turbidez durante o período chuvoso e cloreto total, sódio total, nitrato e sólidos dissolvidos totais durante o período de seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-99**). Já na saída, durante o período chuvoso de 2022/2023, foi observado aumento nas concentrações de bário total e durante o período de seca dos parâmetros alumínio e sódio total ($p < 0,05$) (**Figura 6-99**).

Figura 6-99 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Ferro total	Manganês total	Sódio total	Nitrato	SDT	Turdidez
PMQACH 76	Captação	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Saída	●	●				●			

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.12 - Fernandes Tourinho

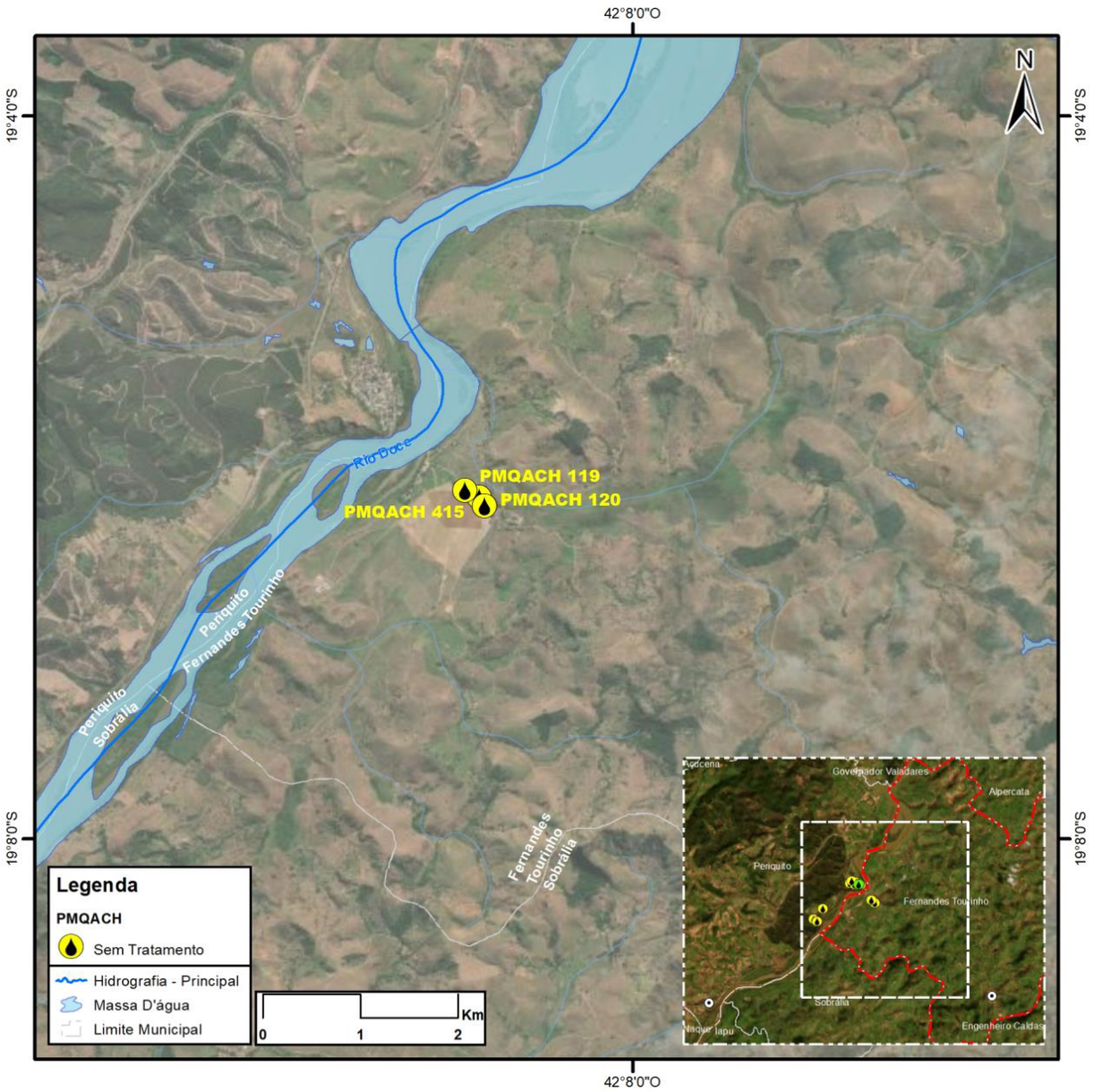
No município de Fernandes Tourinho-MG, foram considerados os 03 (três) pontos de monitoramento, sem tratamento de água. Deste total, um é do tipo Solução Alternativa Coletiva (SAC) e dois são do tipo Soluções Alternativas Individuais (SAI) (**Figura 6-100** e **Quadro 6-12**).

Quadro 6-12 - Características dos pontos do município de Fernandes Tourinho considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 119 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/08/2022
PMQACH 120 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 415	Subterrânea	SAC	Não	Saída		Ativo

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-100 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Fernandes Tourinho-MG.



6.12.1 - Pontos sem tratamento

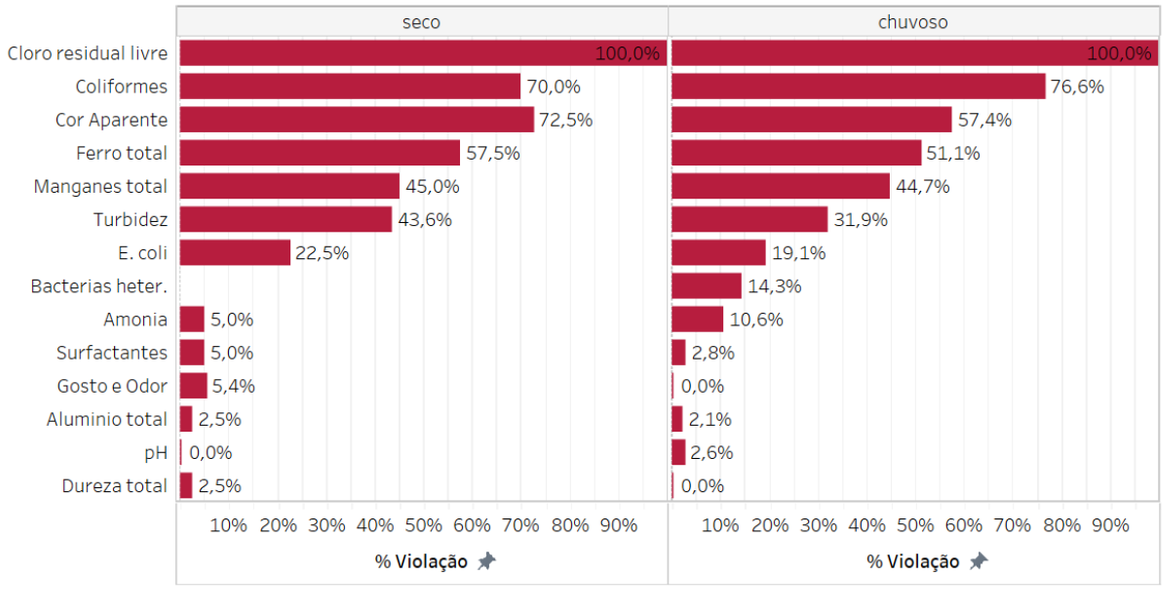
6.12.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para os pontos sem tratamento analisados no município de Fernandes Tourinho-MG no período seco e no período chuvoso, dois parâmetros se destacaram por apresentar elevados percentuais de violação: cloro residual livre e coliformes (**Figura 6-101**). Cloro residual livre apresentou 100% e de violação do limite legal nos períodos seco e chuvoso. Para esse parâmetro, a violação foi em função de concentração abaixo da faixa do limite da legislação. Isso era esperado visto que os pontos não apresentam tratamento de água. Entretanto, é importante ressaltar que, com a primeira revisão bianual do PMQACH em janeiro de 2022, o cloro residual livre deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento, e os elevados percentuais de violação são correspondentes ao período anterior à essa revisão.

Coliformes apresentou violação de 70% no período seco e 76,7% no período chuvoso enquanto *E. coli*, apresentou violação próxima de 20% nos dois períodos. A contaminação microbiológica observada nos pontos desse município pode estar relacionada à não adição de cloro e à sua baixa concentração na água (**Figura 6-101**). Fernandes Tourinho possui uma taxa de esgotamento sanitário adequado de 64,6%. O município ocupa a 419ª posição entre os 853 municípios de Minas Gerais no ranking de esgotamento sanitário adequado (sendo que a primeira posição corresponde ao município com a maior taxa de esgotamento sanitário adequado) (IBGE, 2010). Vale destacar que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos.

Ferro total, cor aparente, *E. coli*, turbidez e manganês total apresentaram violação dos parâmetros de aproximadamente 20% ou mais para pelo menos um dos períodos chuvoso ou seco, porém sem apresentar um padrão sazonal claro (**Figura 6-101**). Bactérias heterotróficas (14,3%) e pH (2,6%), somente apresentaram violações no período chuvoso. Gosto e odor (5,4%) e dureza total (2,5%) somente apresentaram violações no período seco (**Figura 6-101**).

Figura 6-101 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Fernandes Tourinho- MG no período chuvoso e seco com base nos limites aplicáveis no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Três pontos foram monitorados no município de Fernandes Tourinho-MG, todos apresentando captação subterrânea.

Os pontos PMQACH 119 e PMQACH 120, ambos do tipo SAI, apresentaram exatamente o mesmo padrão em relação a única amostragem realizada no ciclo de 2022/2023, para os parâmetros coliformes, *E. coli* e cor aparente que apresentaram 100% de violação (1 amostra) (**Figura 6-102**).

No ponto PMQACH 415, do tipo SAC, manganês total e cor aparente apresentaram 100% de violação em 2022/2023 (11 amostras) e ferro total 91% (10 de 11 amostras), repetindo o padrão de elevados percentuais de violação destes parâmetros ao longo de todo monitoramento (**Figura 6-102**). Turbidez apresentou 55% de violação em 2022/2023 (6 de 11 amostras), percentual similar ao do período anterior (**Figura 6-102**). Coliformes apresentou 82% de amostras em desconformidade neste mesmo período (9 de 11 amostras) e *E. coli* 27% (3 de 11 amostras).

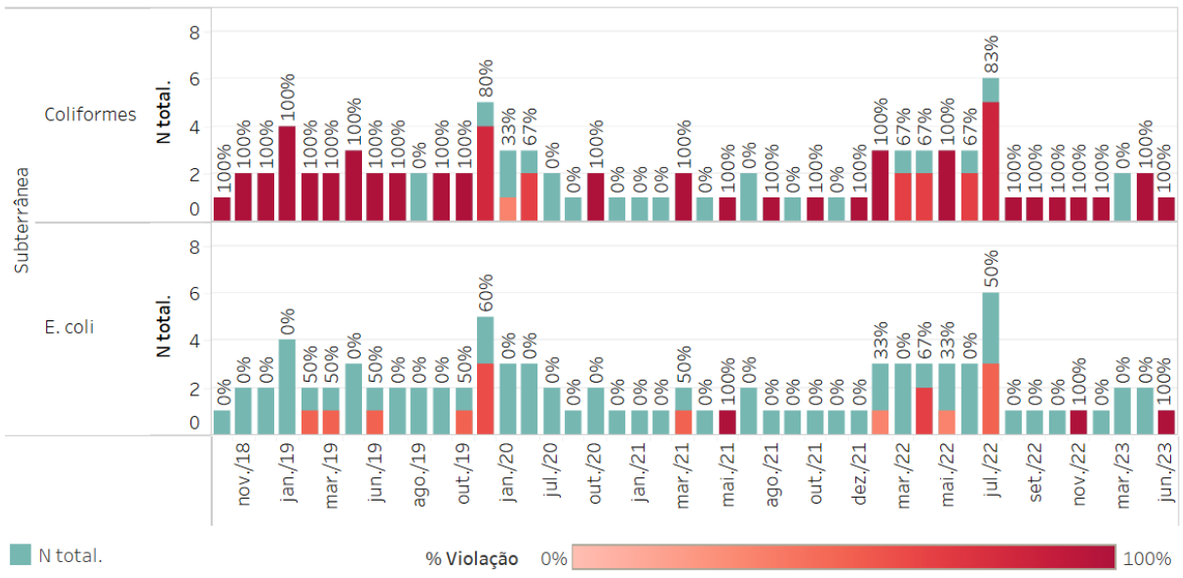
Figura 6-102 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 119, PMQACH 120 e PMQACH 415 localizados no município de Fernandes Tourinho-MG, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.12.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Para os pontos sem tratamento de captação subterrânea, não foi possível identificar um padrão temporal para o percentual de violação dos parâmetros coliformes e *E. coli*. A presença dos contaminantes nas amostras ocorreu em praticamente todo o período. As menores ocorrências destes contaminantes ocorreu entre julho/2020 e dezembro/2021 (**Figura 6-103.** No último ciclo avaliado neste relatório, de julho/2022 a julho/2023, observa-se que coliformes apresentou conformidade apenas no mês de março/2023 (**Figura 6-103**).

Figura 6-103 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Fernandes Tourinho-MG.



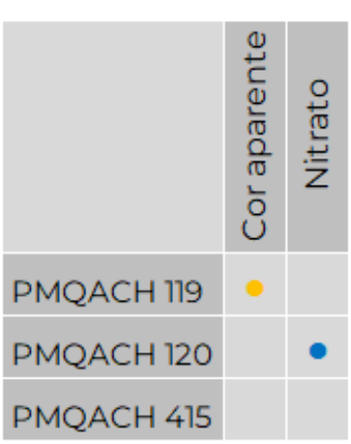
Os pontos PMQACH 119 e PMQACH 120, no município de Fernandes Tourinho tiveram apenas uma amostragem no ciclo de 2022/2023, impossibilitando a avaliação da tendência temporal estatística do presente ciclo com os ciclos anteriores. O único ponto avaliado estatisticamente no município foi PMQACH 415. Neste ponto, nota-se, de maneira geral, pouca variação dos parâmetros avaliados temporalmente, onde apenas pH e sódio total apresentaram tendência de aumento em 2022/2023 **(Figura 6-104**).

Figura 6-104 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, apenas os parâmetros cor aparente e nitrato apresentaram resultados significativamente distintos entre os períodos seco e chuvoso analisados (**Figura 6-105**). Cor aparente apresentou resultados superiores no período seco no ponto PMQACH 119, enquanto no ponto PMQACH 120 os resultados de nitrato foram superiores no período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-105**). Nenhum parâmetro analisado em PMQACH 415 apresentou diferenças sazonais.

Figura 6-105 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.13 - Periquito

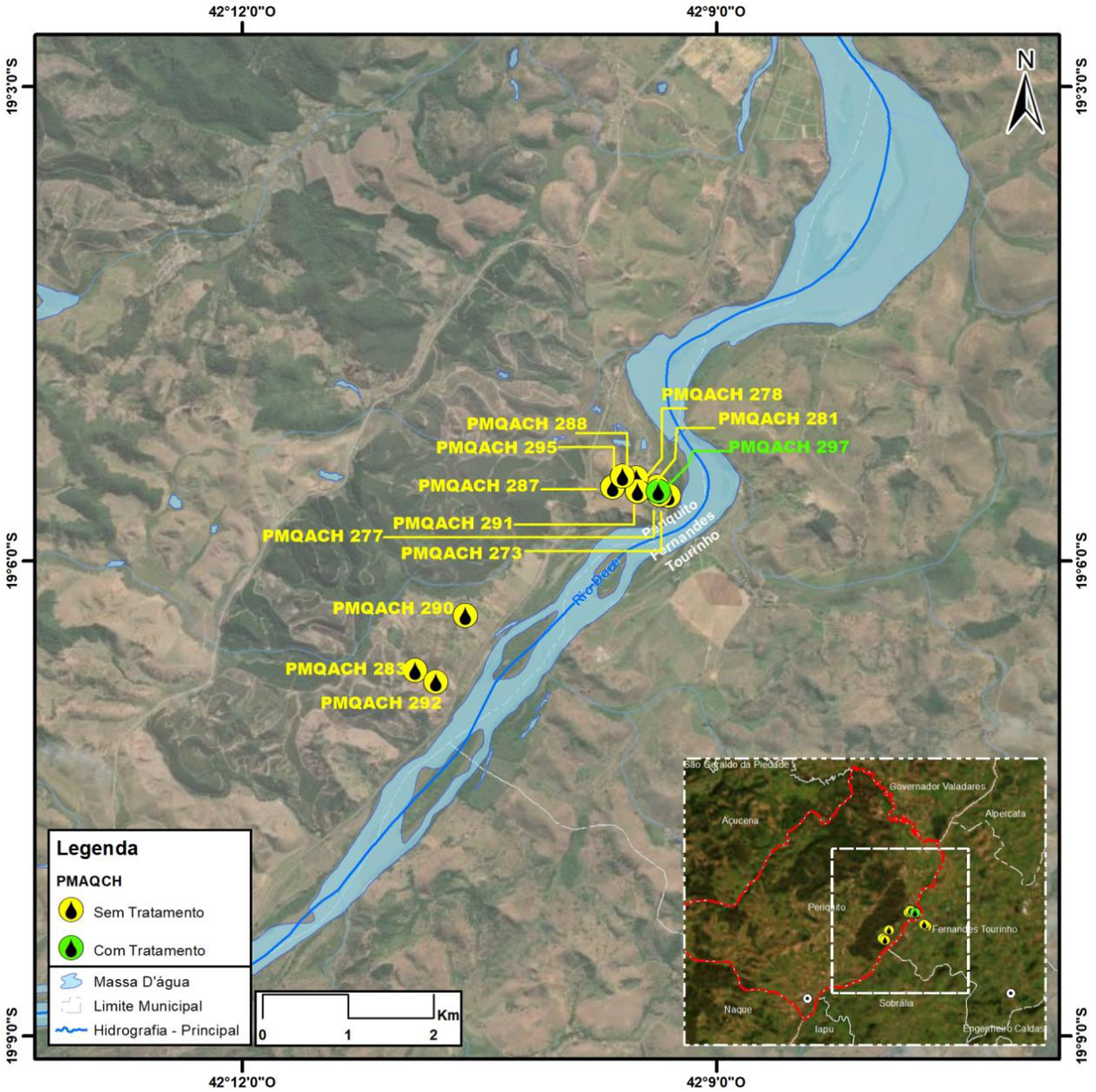
No município de Periquito-MG, foram considerados 12 (doze) pontos de monitoramento, sendo um com tratamento de água, do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e 11 (onze) pontos sem tratamento, do tipo Solução Alternativa Individual (SAI) (**Figura 6-106** e **Quadro 6-13**). A partir de janeiro/2022, após a 1ª Revisão bianual do PMQACH, pontos com tratamento deixaram de ser monitorados na pós-filtração.

Quadro 6-13 - Características do ponto do município de Periquito considerado no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 273 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/09/2022
PMQACH 277 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 278 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 281 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/10/2022
PMQACH 283 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/03/2023
PMQACH 287 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/01/2023
PMQACH 288 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 290 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/10/2022
PMQACH 291 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 292 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 295 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 297	Superficial	SAA	Sim	Captação, Pós-filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-106 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Periquito-MG.



6.13.1 - Pontos sem tratamento

6.13.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Periquito-MG, destacam-se cloro residual livre e coliformes por apresentarem elevados percentuais de violação acima de 70% tanto no período chuvoso quanto no período seco) (**Figura 6-107**). Cloro residual livre apresentou 100% de violação para o período seco e 96,6% para o período chuvoso. Reforça-se, no entanto, que a partir da primeira revisão bianual do PMQACH, em janeiro de 2022, este parâmetro deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais observados referem-se à períodos pretéritos à esta revisão.

De maneira geral, o cloro residual livre violou o limite inferior legal, devido às baixas concentrações, o que é esperado em pontos sem tratamento de água. Por ser empregado nos processos de tratamento de água e ser eficiente para a remoção de microrganismos (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI *et al.*, 2013), a ausência de adição de cloro explica os elevados percentuais de violação de coliformes e *E. coli*, dois parâmetros indicados como prioritários para gestão na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021).

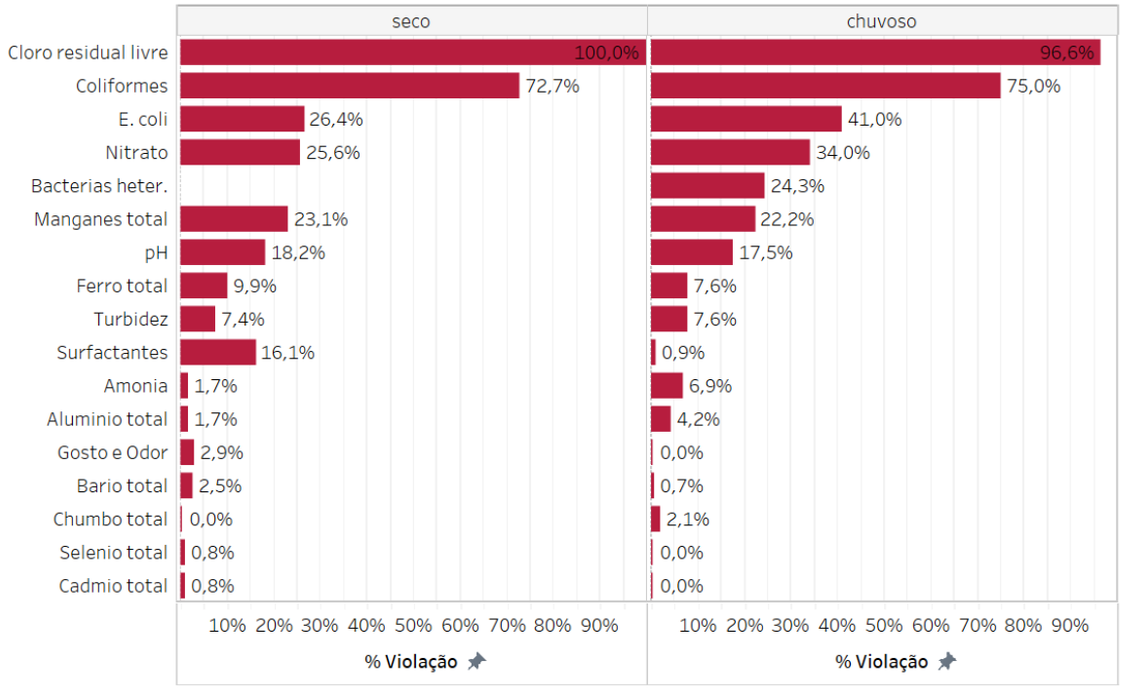
Ambos os parâmetros coliformes (72,7% de violação no período seco e 75% no período chuvoso) e *E. coli* (26,4% de violação no período seco e 41% no período chuvoso) (**Figura 6-107**) apresentaram percentuais significativos de violação nos dois períodos sazonais. A presença *E. coli* nas amostras indica relação com contaminação fecal da água provenientes de esgoto doméstico ou criação de animais. Embora contemple um grande grupo de bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, a presença de coliformes também é em alerta para possível exposição da fonte a focos de poluição ou contaminação.

De acordo com o IBGE (2010), o município de Periquito apresenta 72% de esgotamento sanitário. Comparando-o com os municípios do estado de Minas Gerais (total de 853 municípios), Periquito ocupa a 332ª posição entre os municípios com maior taxa de

esgotamento sanitário adequado (sendo que a primeira posição corresponde ao município com a maior taxa de esgotamento sanitário adequado) (IBGE, 2010). Apesar de relativamente elevada taxa de esgotamento sanitário, é importante ressaltar isso não reflete sua eficiência, ou seja, caso o tratamento seja ineficiente, o efluente ainda terá a presença de matéria orgânica e patógenos, tendo como consequência o lançamento deles nos recursos hídricos.

Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação abaixo de 30%. Entre eles, destacam-se gosto e odor (2,9% de violação), cádmio total (0,8% de violação) e selênio total (0,8% de violação), por violarem os limites legais somente no período seco, e chumbo total (2,1% de violação) por violar o limite legal somente no período chuvoso (**Figura 6-107**).

Figura 6-107 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Periquito-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Onze pontos sem tratamento foram monitorados no município de Periquito. Todos apresentam captação subterrânea e abastecimento tipo SAI.

No ponto PMQACH 273, apenas coliformes apresentou desconformidade nas duas amostras coletadas no ciclo de 2022/2023 (100%, 2 amostras). O resultado representa um pequeno aumento em relação ao período anterior, no entanto, todos os demais parâmetros apresentaram conformidade neste ponto no período de 2022/2023 (**Figura 6-108**).

No ponto PMQACH 277, todos os parâmetros monitorados na única campanha realizada em 2022/2023 apresentaram conformidade com a legislação (**Figura 6-108**). No ponto PMQACH 278, manganês total apresentou 100% de violação (2 amostras), no ciclo de 2022/2023, mesmo percentual do período anterior (**Figura 6-108**). Coliforme apresentou redução no percentual de violação em 2022/2023 em relação ao período anterior, registrando 50% de amostras em desconformidade (1 de 2 amostras) (**Figura 6-108**).

No ponto PMQACH 281, coliformes registrou 100% de violação nas 3 amostras do ciclo de 2022/2023. Também neste período, nitrato registrou 67% (2 de 3 amostras) de violação e *E. coli* 33% (1 de 3 amostras), resultados que representam um aumento em relação ao período anterior (**Figura 6-108**).

Figura 6-108 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 273, PMQACH 277, PMQACH 278 e PMQACH 281 localizados no município de Periquito-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

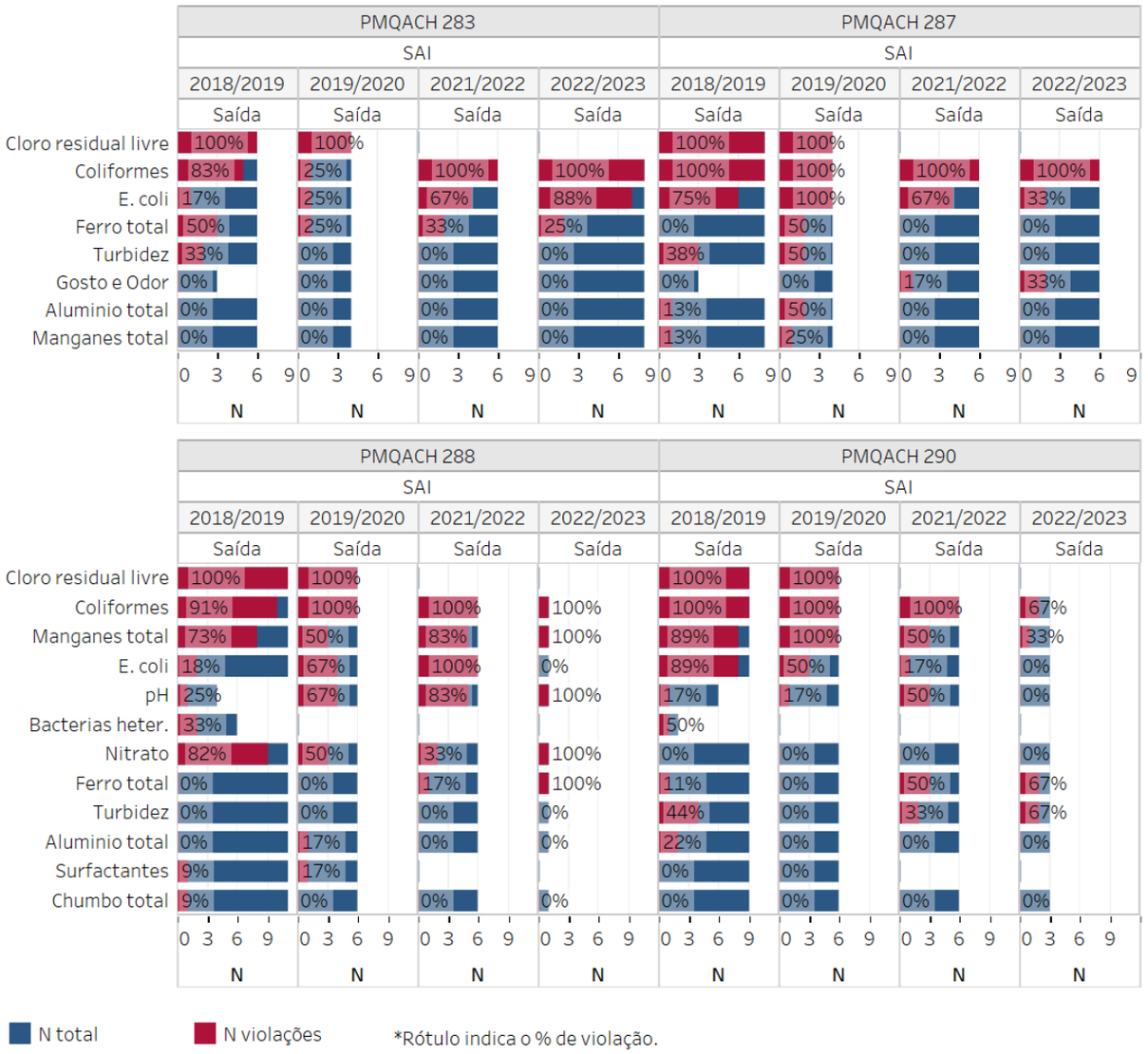
No ponto PMQACH 283, coliformes apresentou em 2022/2023, 100% de violação (8 amostras), mesmo percentual do período anterior. Também no último ciclo, *E. coli* registrou 88% de violação (7 de 8 amostras), um aumento em relação ao período anterior, enquanto ferro total registrou pequena redução, com 25% de amostras em desconformidade com a legislação (2 de 8 amostras) (**Figura 6-109**).

No ponto PMQACH 287, coliformes apresentou em 2022/2023, 100% de violação (6 amostras), tal qual o período anterior. Também em 2022/2023, *E. coli* registrou 33% de violação (2 de 6 amostras), uma redução em relação ao período anterior, enquanto gosto e odor registrou pequeno aumento, também com 33% de amostras em desconformidade com a legislação (2 de 6 amostras) (**Figura 6-109**).

Em PMQACH 288, na única campanha realizada no ciclo de 2022/2023, os parâmetros coliformes, manganês total, pH, nitrato e ferro total apresentaram desconformidade (100%, 1 amostra) (**Figura 6-109**).

No ponto PMPQACH 290, coliformes apresentou redução no percentual de violação em 2022/2023 em relação ao período anterior, registrando 67% de amostras em desconformidade (2 de 3 amostras), assim como manganês também apresentou redução, registrando 33% de violação no último ciclo (1 de 3 amostras). Ferro total e turbidez, por outro lado, registraram em 2022/2023 aumento no percentual de violação em relação ao período anterior, ambos com 67% (2 de 3 amostras) (**Figura 6-109**).

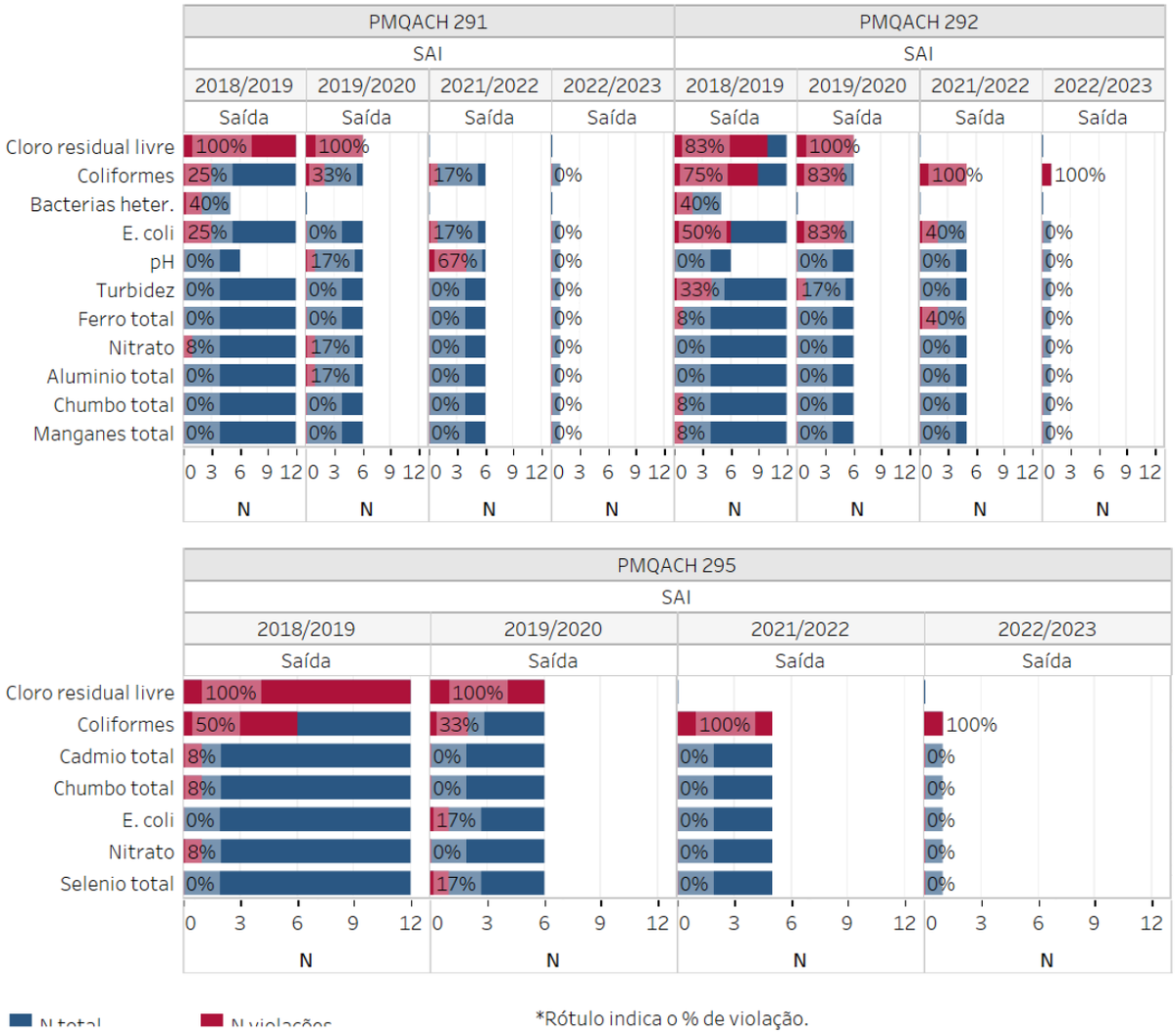
Figura 6-109 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 283, PMQACH 287, PMQACH 288 e PMQACH 290 localizados no município de Periquito-MG entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

O ponto PMQACH 291 não apresentou desconformidade na única amostragem realizada em 2022/2023 (**Figura 6-110**). Os pontos PMQACH 292 e PMQACH 295, registraram violação na única amostragem do ciclo de 2022/2023 apenas para coliformes (100%, 1 amostra) (**Figura 6-110**).

Figura 6-110 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 288, PMQACH 290, PMQACH 291 e PMQACH 292 localizados no município de Periquito-MG entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis.

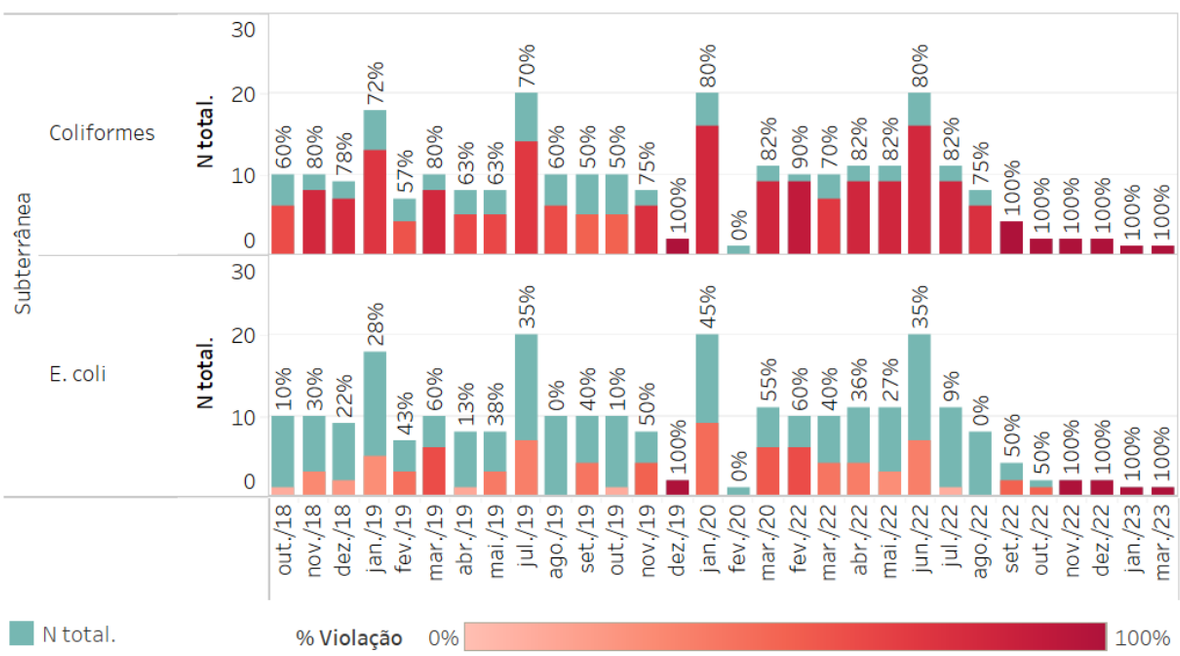


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.13.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Nos pontos sem tratamento, a presença de coliformes e *E. coli* foi registrada durante todo o monitoramento, exceto em fevereiro/2020 (ausência de coliformes e *E. coli*) e agosto/2019 e agosto/22 (ausência de *E. coli*) (**Figura 6-111**). Não foi observado um padrão sazonal ou temporal evidente para a presença destes contaminantes no período analisado (**Figura 6-111**).

Figura 6-111 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Periquito- MG.



No município de Periquito, no ciclo 2022/2023, os pontos PMQACH 273 e PQMACH 278 foram monitorados em apenas duas campanhas e os pontos PMQACH 277, PQMQACH 288, PMQACH 291, PMQACH 292 e PMQACH 295 foram monitorados em apenas uma campanha, não sendo possível analisar estatisticamente as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados para estes pontos. Já os pontos PMQACH 281, PMQACH 283, PMQACH 287 e PMQACH 290 foram devidamente analisados estatisticamente e o presente ciclo foi comparado com ciclos pretéritos.

De maneira geral, o ponto PMQACH 283 apresentou diminuição nas concentrações de sólidos dissolvidos totais e valores de turbidez no último período avaliado em comparação ao ciclo anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-112**). No ponto PMQACH 287, os parâmetros bário total, ferro total, sódio total, sólidos dissolvidos totais e turbidez apresentaram menores concentrações no período 20222/2023 ($p < 0,05$) (**Figura 6-112**). Também se nota para o período, menores concentrações de dureza total, manganês total, sódio total e sólidos dissolvidos totais no ponto PMQACH 290 ($p < 0,05$) (**Figura 6-112**). Já para o ponto PMQACH 281 os parâmetros alumínio total, ferro total, manganês total e turbidez apresentaram redução nas concentrações enquanto os parâmetros dureza total, pH, sódio total e zinco total aumento nas concentrações no último período avaliado ($p < 0,05$) (**Figura 6-112**).

Figura 6-112 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

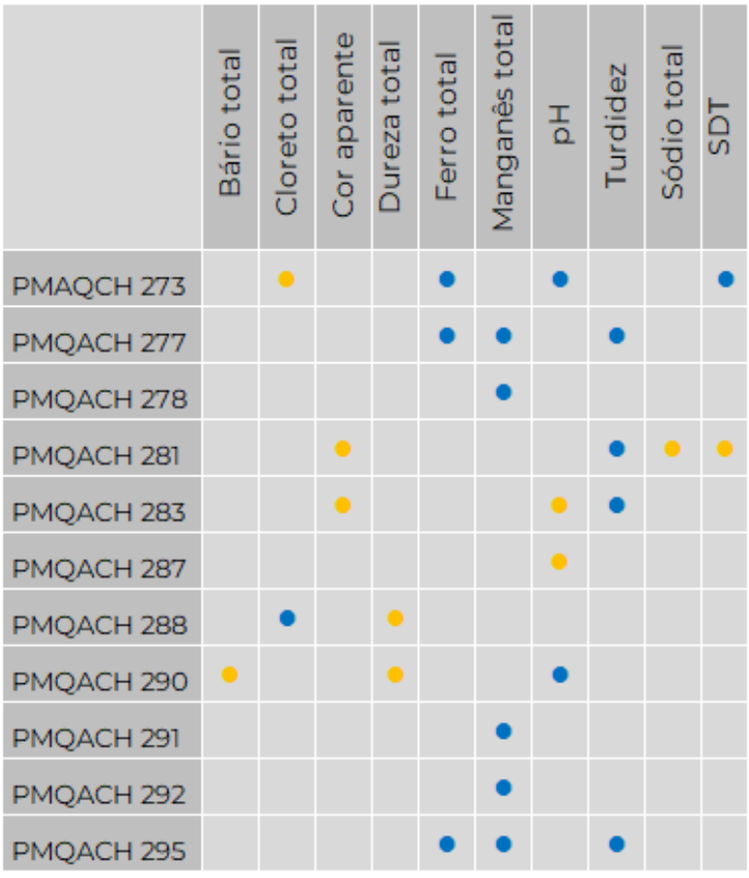
	Alumínio total	Bário total	Dureza total	Ferro total	Manganês total	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 281	↓	—	↑	↓	↓	↑	↑		↓	↑
PMQACH 283								↓	↓	
PMQACH 287		↓		↓		—	↓	↓	↓	—
PMQACH 290			↓	—	↓		↓	↓	—	

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, o ponto PMQACH 273 apresentou maiores concentrações de ferro total, pH e sólidos dissolvidos totais durante o período chuvoso e de cloreto total durante o período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-113**). Os parâmetros ferro total, manganês total e turbidez apresentaram aumento no último período chuvoso avaliado nos pontos PMQACH 277 e PMQACH 295 ($p < 0,05$) (**Figura 6-113**). De forma pontual, observa-se aumento de manganês total durante o período chuvoso nos pontos PMQACH 278, PMQACH 291 e PMQACH 292 ($p < 0,05$) (**Figura 6-113**).

O ponto PMQACH 281 apresentou valores mais elevados de cor aparente, sódio total e sólidos dissolvidos totais no período seco e de turbidez no período chuvoso. A elevação do parâmetro turbidez durante o período chuvoso, também foi notável no ponto PMQACH 283, o qual também apresentou valores elevados de pH e cor aparente durante o período seco no último período avaliado (2022/2023) ($p < 0,05$) (**Figura 6-113**). Os parâmetros cloreto total e dureza total apresentaram aumento de concentração no ponto PMQACH 288, durante o período seco e chuvoso, respectivamente ($p < 0,05$) (**Figura 6-113**). No ponto PMQACH 290 também se nota elevados valores de dureza total durante o período seco, além do aumento de bário total e no período chuvoso, de pH. Por fim, o ponto PMQACH 287 apresentou somente aumento de pH durante o período de seca avaliado *(*$p < 0,05$) (**Figura 6-113**).

Figura 6-113 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.13.2 - Pontos com tratamento

6.13.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

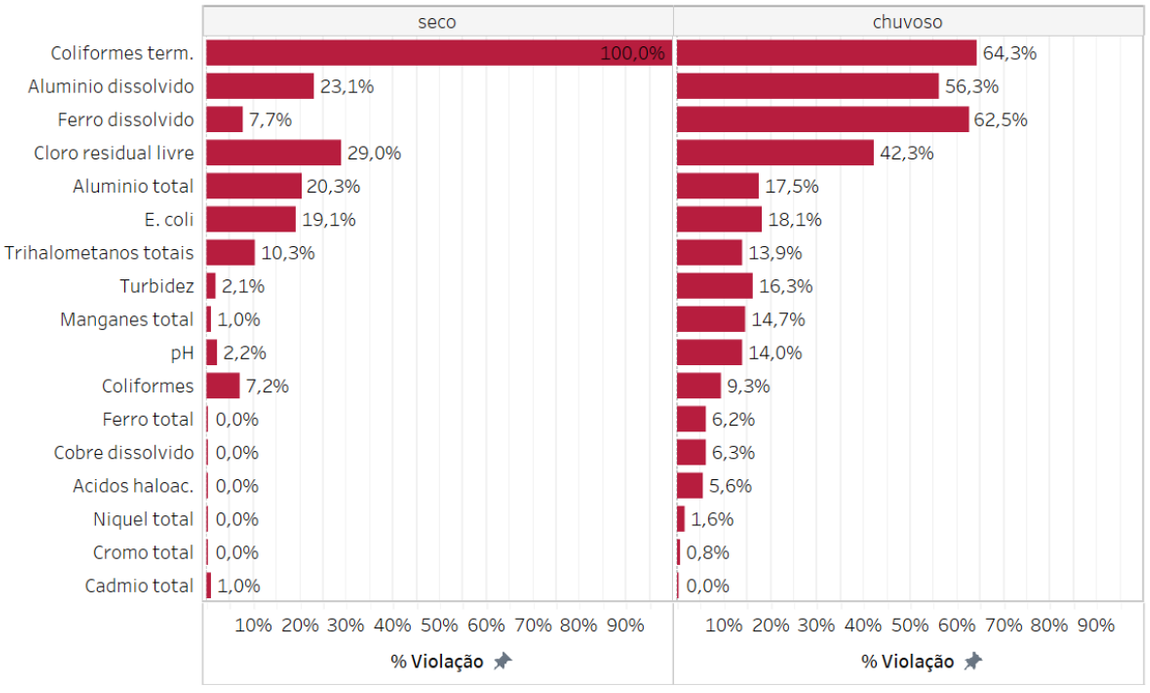
Para o ponto com tratamento do município de Periquito-MG, destacam-se coliformes termotolerantes, cloro residual livre, ferro dissolvido, alumínio total e alumínio dissolvido por apresentarem percentuais de violação acima de 20% em pelo menos um dos períodos analisados (**Figura 6-114**).

Cloro residual livre violou 29% do limite legal no período seco e 42,3% no período chuvoso (**Figura 6-114**). No geral, as concentrações de cloro residual livre foram baixas, violando o limite legal inferior. Apesar do ponto avaliado possuir tratamento, a quantidade de cloro adicionado pode ter sido insuficiente para desinfecção total. Isto ajuda a explicar o percentual de violação para coliformes termotolerantes, que violou 100% do limite legal no período seco e 64,3% no período chuvoso.

Apresentaram percentuais elevados no período chuvoso em relação ao período seco os parâmetros ferro dissolvido (62,5% de violação no período chuvoso e 7,7% no período seco) e alumínio dissolvido (56,3% de violação no período chuvoso e 23,1 no período seco) (**Figura 6-114**). O aumento da lixiviação e carreamento de partículas no período chuvoso favorece o aumento da concentração de metais, como o alumínio e ferro, nos corpos hídricos, parâmetros que são encontrados de forma natural em rochas e no solo da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). No entanto destaca-se que estes parâmetros passaram a ser monitorados após a primeira revisão bianual, em janeiro de 2022.

Ferro total (6,2% de violação), cobre dissolvido (6,3%), ácidos haloacéticos totais (5,6% de violação), níquel total (1,6% de violação) e cromo total (0,8% de violação) não violaram os limites legais no período seco. E, o cádmio total (1,0% de violação) não violou o limite legal no período chuvoso (**Figura 6-114**).

Figura 6-114 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento de água no município de Periquito-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis



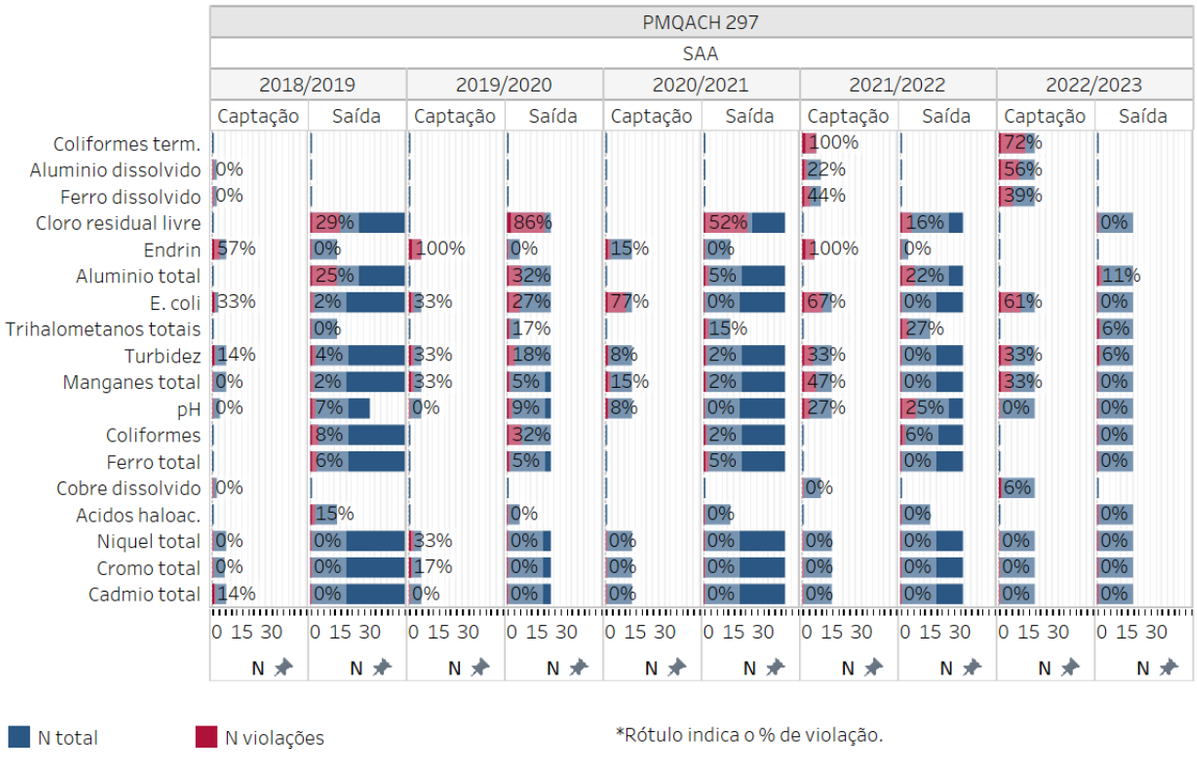
No município de Periquito, um ponto com tratamento e captação superficial, do tipo SAA, PMQACH 297, foi analisado.

Na captação deste ponto, foram registradas violações para os parâmetros coliformes termotolerantes (72%, 13 de 18 amostras), alumínio dissolvido (56%, 10 de 18 amostras) e ferro dissolvido (39%, 7 de 18 amostras) em 2022/2023 (**Figura 6-115**). Os resultados de coliformes e ferro dissolvido representaram uma diminuição em relação ao período anterior, enquanto o resultado de alumínio dissolvido representou um aumento. Cobre dissolvido, também avaliado exclusivamente na captação apresentou, pela primeira vez no monitoramento, desconformidade, registrando violação pontual de 6% em 2022/2023 (6%, 1 de 18 amostras).

Violações observadas na captação para *E. coli* (61%, 11 de 18 amostras) e manganês total (33%, 6 de 18 amostras) não apresentaram desconformidade na saída. Turbidez registrou violação de 33% (6 de 18 amostras) na captação e de 6% na saída (1 de 18 amostras).

Monitorados exclusivamente na saída, trihalometanos totais e alumínio total apresentaram violações pontuais (6%, 1 de 18 amostras e 11%, 2 de 18 amostras, respectivamente) (**Figura 6-115**).

Figura 6-115 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 297 localizado no município de Periquito-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

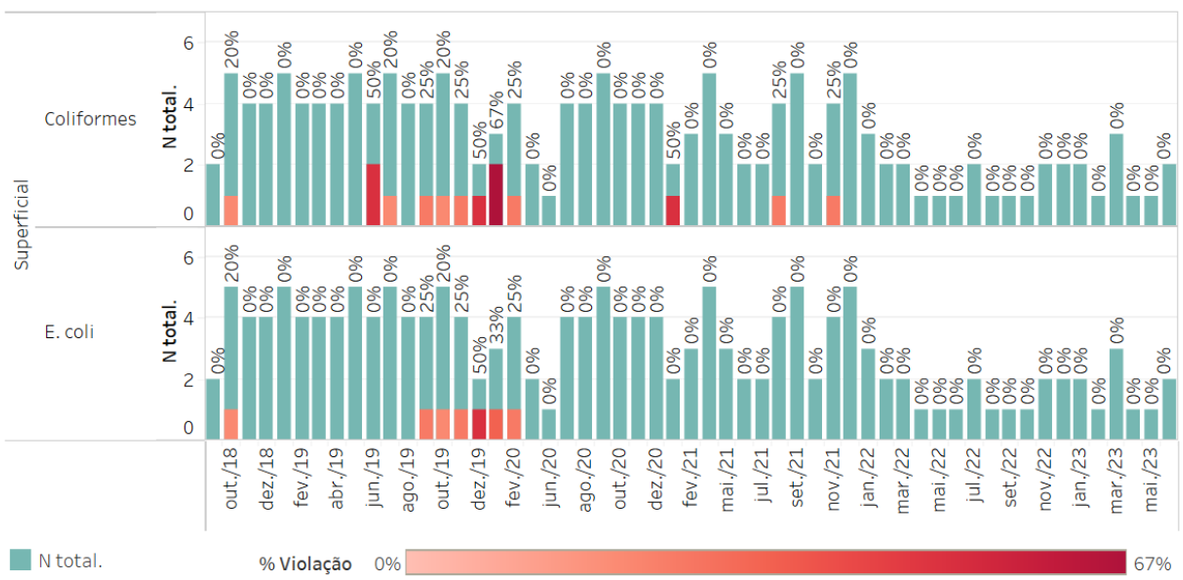


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.13.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída do ponto PMQACH 297, a presença de coliformes e *E. coli* aconteceu em apenas algumas amostragens ao longo dos meses monitorados (**Figura 6-116**). Coliformes foi registrado em 12 dos 55 meses monitorados (**Figura 6-116**). E, *E. coli* foi presente em 7 dos 55 meses monitorados. Não foi observado um padrão sazonal ou temporal evidente para a presença de coliformes e *E. coli* no período analisado (**Figura 6-116**).

Figura 6-116 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída do ponto com tratamento localizados no município de Periquito- MG.



Na captação do ponto PMQACH 297, os parâmetros nitrato e sólidos dissolvidos totais apresentaram uma diminuição no último período avaliado em relação ao período anterior, enquanto o parâmetro zinco total apresentou aumento. Já na saída, nota-se somente a diminuição nas concentrações de sólidos dissolvidos totais no último período 2022/2023 ($p < 0,05$) (**Figura 6-117**).

Figura 6-117 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Cloreto total	Dureza total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 297	Captação	—	—	—	—	↓	—	↓		↑
	Saída		—	—	—	—	—	↓	—	

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, bário total e ferro total apresentaram concentrações mais elevadas durante o período chuvoso tanto na captação quanto na saída do ponto, enquanto alumínio total, cloreto total, manganês total e turbidez somente na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-118**). Nitrato e sólidos dissolvidos totais, por sua vez, apresentaram concentrações mais elevadas durante o período seco na captação e na saída, enquanto dureza total e sódio total somente na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-118**).

Figura 6-118 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio Total	Bário total	Cloreto total	Dureza	Ferro total	Manganês total	Nitrato	Sódio total	SDT	Turbidez
PMQACH 297	Captação	●	●	●		●	●	●		●	●
	Saída		●		●	●		●	●	●	

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

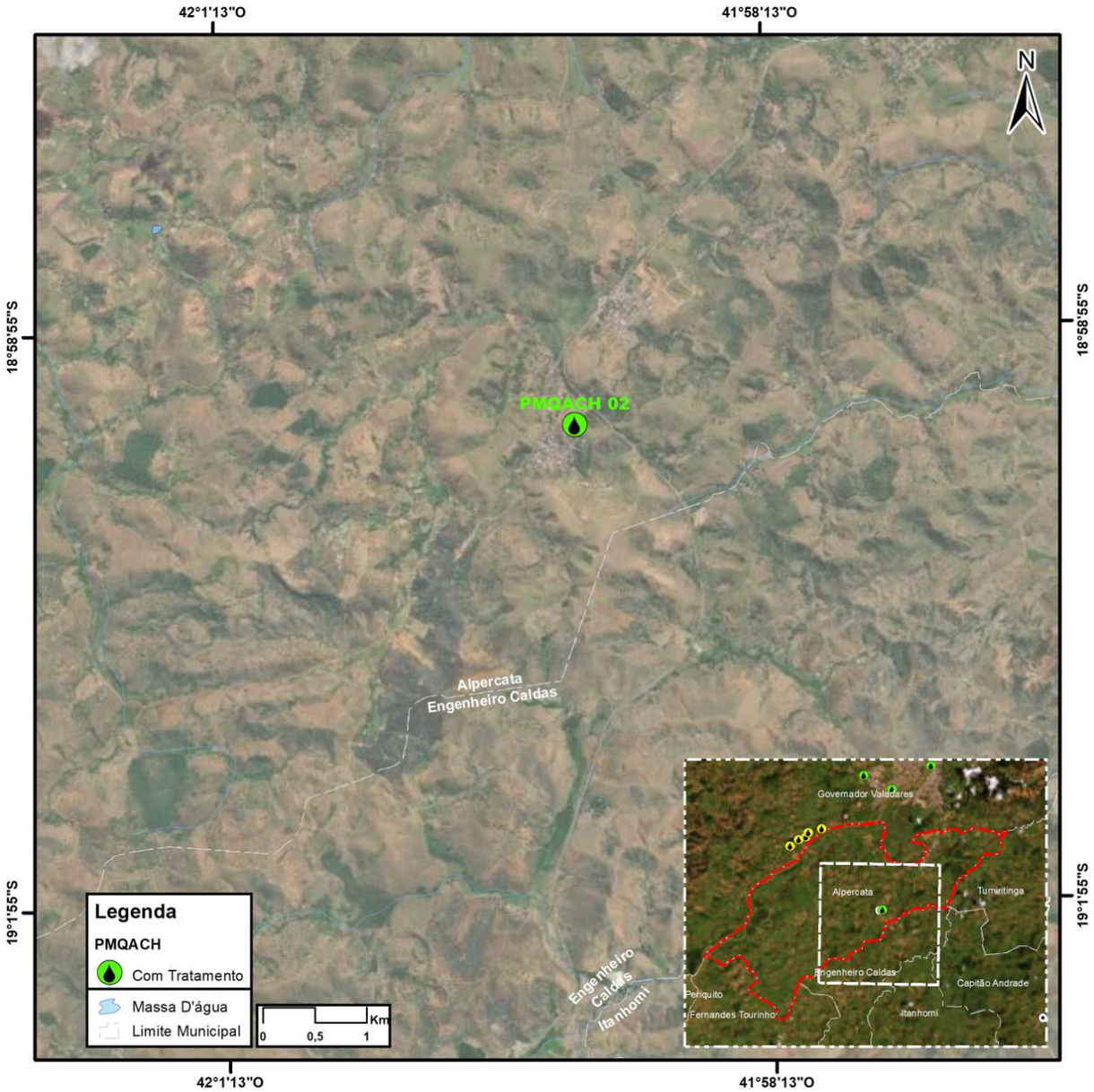
6.14 - Alpercata

No município de Alpercata, foi considerado um (01) ponto ativo, que possui sistema de abastecimento do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e tratamento de água (**Figura 6-119** e **Quadro 6-14**).

Quadro 6-14 - Características do ponto do município de Alpercata considerado no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 02	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo

Figura 6-119 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Alpercata-MG.



6.14.1 - Pontos com tratamento

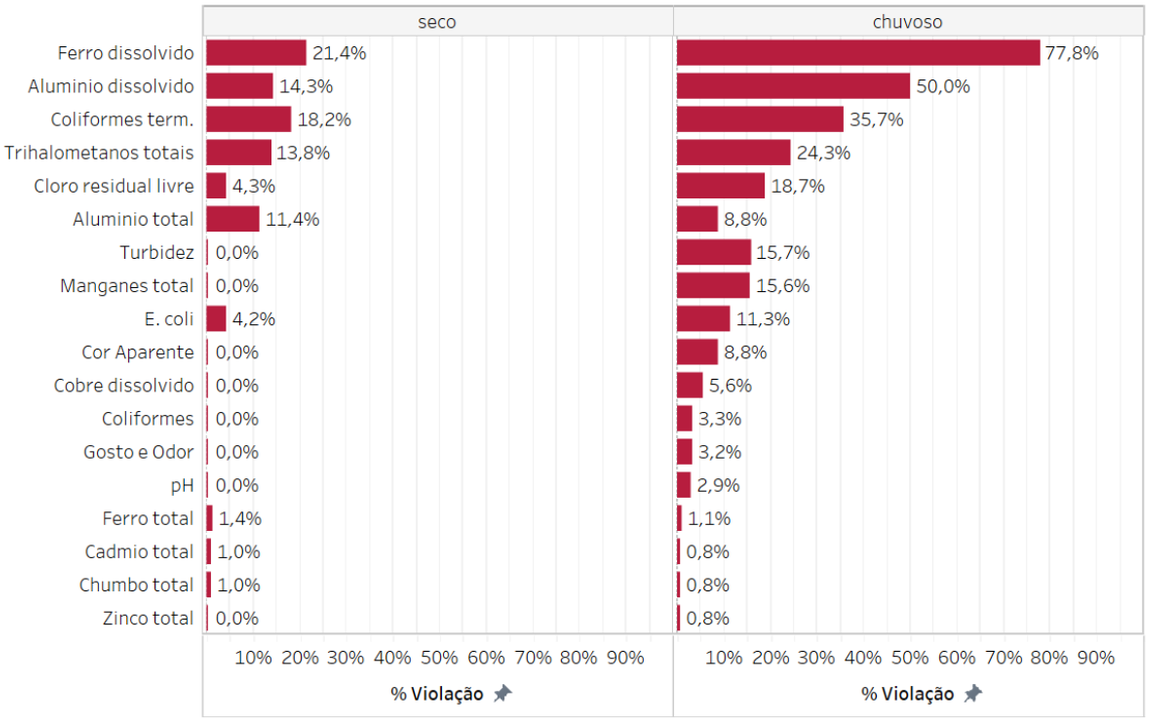
6.14.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Os parâmetros com os maiores percentuais de violação para o município de Alpercata-MG foram ferro dissolvido, alumínio dissolvido e coliformes termotolerantes (**Figura 6-120**). Para estes parâmetros, os percentuais de violação no período chuvoso foram pelo menos o dobro dos percentuais observados no período de seca.

Além de alumínio dissolvido, alumínio total também apresentou desconformidade tanto no período de seca (11,4%) quanto no período chuvoso (8,8%) (**Figura 6-120**). A água tratada, além de apresentar alumínio de origem natural em sua composição, advindo de características geológicas da bacia, pode também apresentar concentrações residuais desse elemento devido ao processo de tratamento de água com o uso de coagulantes à base de sais de alumínio (ROSALINO, 2011). O mesmo ocorre com o parâmetro trihalometanos cujos percentuais de violação foram de 13,8% no período de seca e 24,3% no período chuvoso (**Figura 6-120**). A presença deste elemento na água, está relacionada a própria aplicação de cloro no tratamento de água que, na presença de matéria orgânica, pode promover a formação de subprodutos (SILVA & MELO, 2015).

O padrão de violação no período chuvoso com ausência de violação no período seco foi observado para a turbidez (15,7%), manganês total (15,6%), cobre dissolvido (5,6%), cor aparente (8,8%), coliformes (3,3%), gosto e odor (3,2%), pH (2,9%) (**Figura 6-120**). O escoamento superficial, especialmente em locais de solo exposto, intensificado no período chuvoso, causa o carreamento de sólidos para corpos d'água, podendo assim contribuir com o aumento da concentração dos parâmetros indicados acima. Os parâmetros ferro total, cádmio total, chumbo total, e zinco total apresentaram menos de 2% de violação nos períodos chuvosos ou secos. (**Figura 6-120**).

Figura 6-120 - Percentual total de violação no município de Alpercata-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



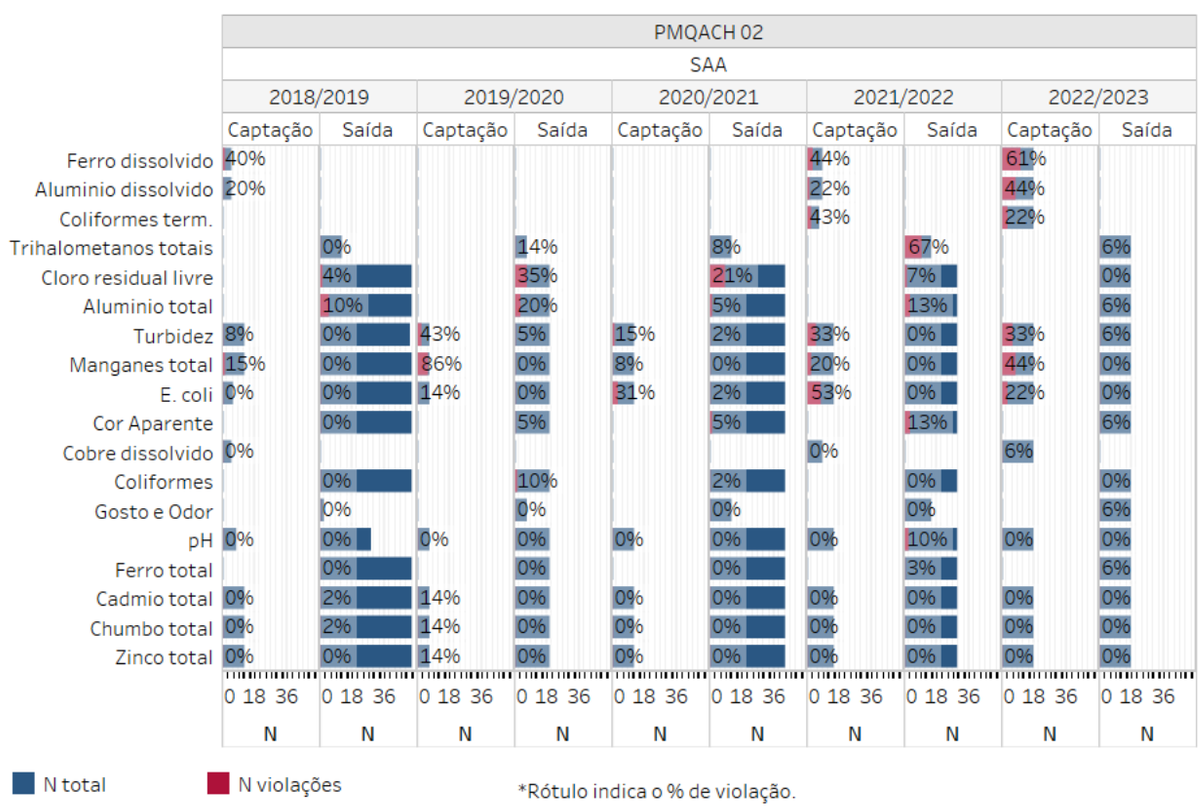
O ponto com tratamento PMQACH 02, possui abastecimento tipo SAA e captação superficial. Na captação, no ciclo de 2022/2023, as violações observadas para ferro dissolvido (61%, 11 de 18 amostras), alumínio dissolvido e manganês total (ambos, 44%, 8 de 18 amostras) representaram um aumento em relação ao período anterior. Cobre dissolvido aparece pela primeira vez em desconformidade na captação também no último ciclo (6%, 1 de 18 amostras) (**Figura 6-121**). Por outro lado, foram observadas reduções no percentual de violação em 2022/2023 na captação para coliformes termotolerantes e *E. coli* (22%, 4 de 18 amostras). Turbidez apresentou nos últimos dois ciclos (2021/2022 e 2022/203) percentual de violação de 33% na captação (6 de 18 amostras) (**Figura 6-121**).

Parâmetros avaliados exclusivamente na saída como trihalometanos, alumínio total, gosto e odor e ferro total, apresentaram em 2022/2023 violação pontual de 6% (1 de 18 amostras) (**Figura 6-121**).

Quando avaliada a eficiência do tratamento de água ao comparar os percentuais de violação de parâmetros monitorados tanto na captação quanto na saída observa-se que, em 2022/2023, manganês e *E.coli* apresentaram violação apenas na captação, e turbidez violação na captação e de forma pontual na saída (6%, apenas 1 amostras de 18).

Observam-se ainda violações pontuais em diferentes períodos pretéritos para coliformes, ferro tota e pH (saída do tratamento), zinco total (captação) e chumbo total e cádmio total (captação e saída), mas que no ciclo de 2022/2023 estiveram em conformidade com a legislação (**Figura 6-121**).

Figura 6-121 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 02 localizado no município de Alpercata-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

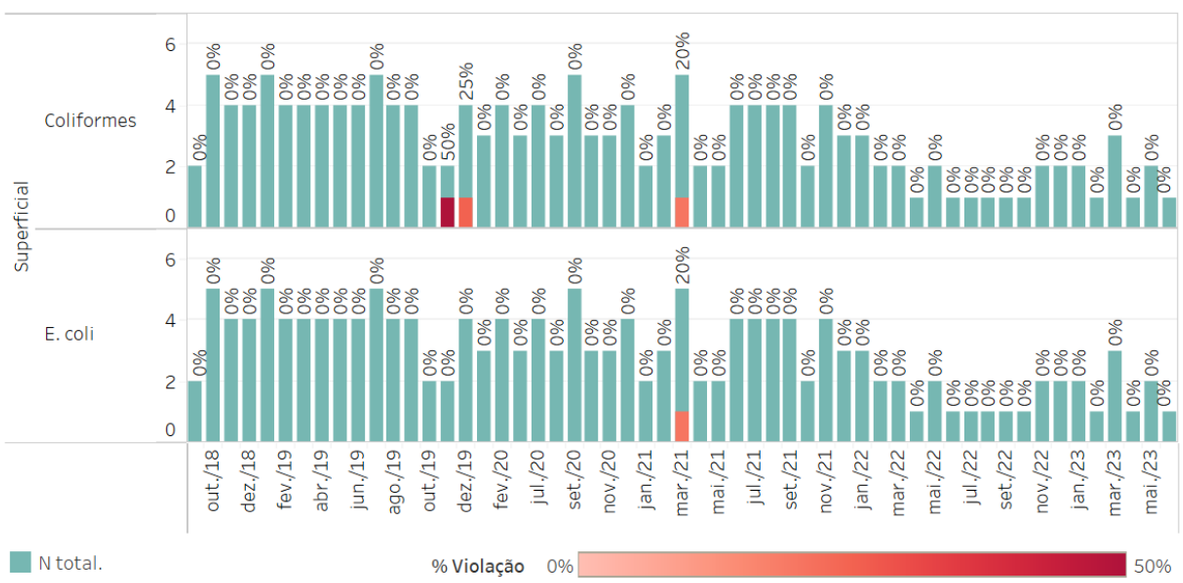


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.14.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída do ponto PMQACH 02, *E. coli* e coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente "ausentes" ao longo de todo monitoramento, resultado esperado para um ponto com tratamento de água. Quando presentes, as ocorrências aconteceram exclusivamente durante meses chuvosos (**Figura 6-122**).

Figura 6-122 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* e percentuais de violação na saída do ponto com tratamento, PMQACH 02, localizado no município de Alpercata.



Em relação aos demais parâmetros, no último período avaliado (2022/2023), quando comparado ao ciclo anterior, sólidos dissolvidos totais apresentou redução em suas concentrações e zinco total apresentou aumento, tanto na captação como na saída do ponto PMQACH 02 ($p < 0,05$) (**Figura 6-123**). Na captação também é observado uma redução na concentração de sódio total, enquanto na saída se observa uma redução das concentrações de ferro e manganês total concomitante a um aumento da dureza total ($p < 0,05$) (**Figura 6-123**).

Figura 6-123 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Dureza total	Ferro total	Manganês total	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 02	Captação			—	—				↓	↓		↑
	Saída	—	—	—	↑	↓	↓	—	—	↓	—	↑

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, os parâmetros turbidez, bário e ferro total apresentaram significativamente maiores concentrações no período chuvoso tanto na captação quanto na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-124**). Na captação, as concentrações de alumínio total, cloreto total e manganês total foram superiores no período chuvoso, enquanto sódio total e sólidos dissolvidos totais apresentaram concentrações superiores no período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-124**). Já na saída, cloreto total e cor aparente demonstraram concentrações mais elevadas no período seco e sólidos dissolvidos totais no período chuvoso.

Figura 6-124 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Ferro total	Manganês total	Sódio total	Turdidez	SDT
PMAQCH 02	Captação	●	●	●		●	●	●	●	●
	Saída		●	●	●	●			●	●

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.15 - Governador Valadares

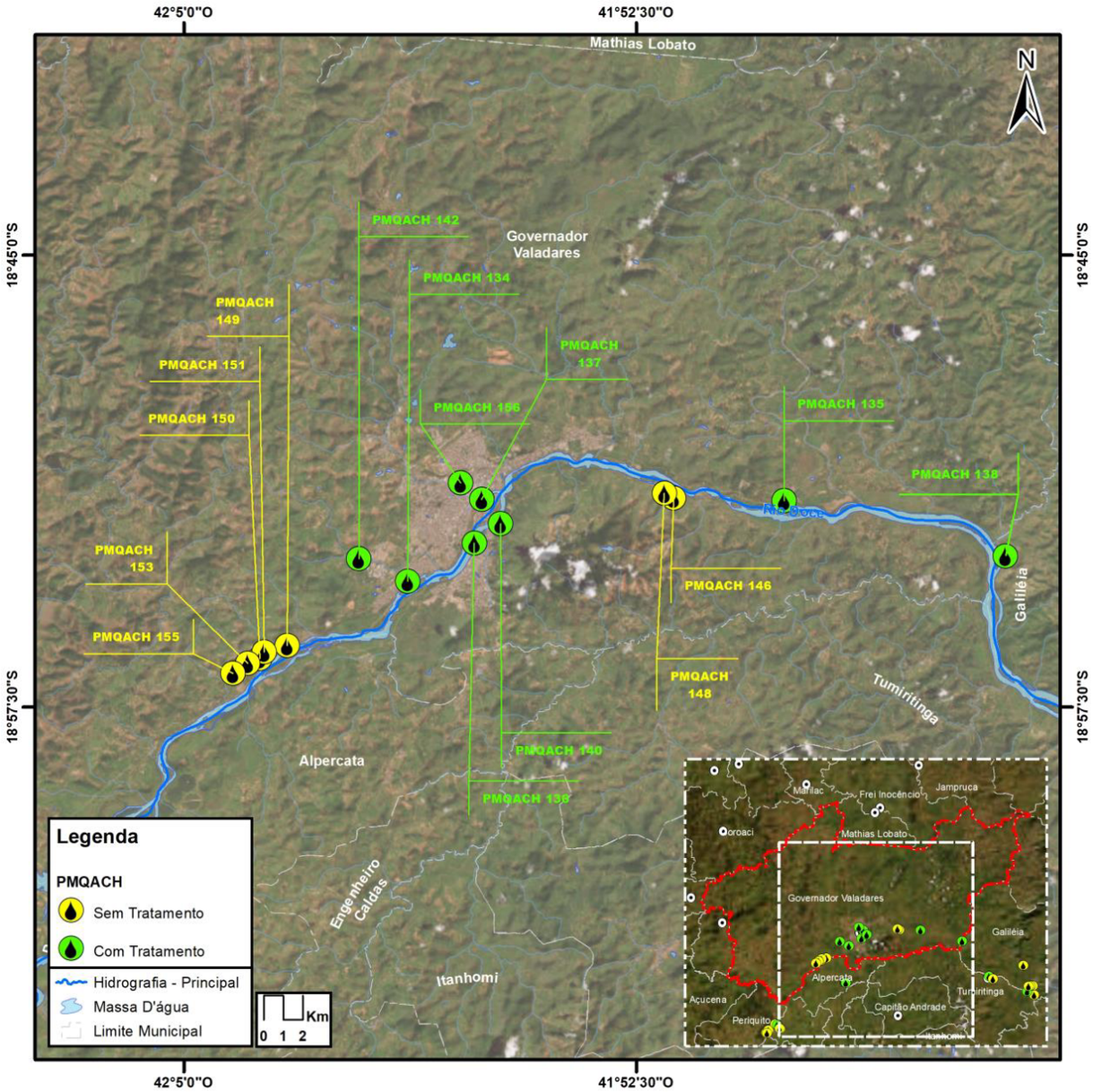
No município de Governador Valadares-MG, foram considerados 15 (quinze) pontos de monitoramento. Oito pontos possuem tratamento de água, sendo 5 (cinco) do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e 3 (três) do tipo Soluções Alternativas Coletivas (SAC). Os demais não possuem tratamento de água e são do tipo Soluções Alternativas Individuais (SAI) (**Figura 6-125** e **Quadro 6-15**).

Quadro 6-15 - Características dos pontos do município de Governador Valadares considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 146 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/11/2022
PMQACH 148 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 149 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 150 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 151 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/10/2022
PMQACH 153 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 155 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/12/2022
PMQACH 134	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 135	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo
PMQACH 136	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo
PMQACH 137	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo
PMQACH 138	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo
PMQACH 140 [1)]	Subterrânea	SAC	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 396/2008 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/08/2022
PMQACH 142 [1)]	Subterrânea	SAC	Sim	Captação e Saída		17/09/2022
PMQACH 156 [1)]	Subterrânea	SAC	Sim	Captação e Saída		17/08/2022

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-125 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Governador Valadares-MG.



6.15.1 - Pontos sem tratamento

6.15.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

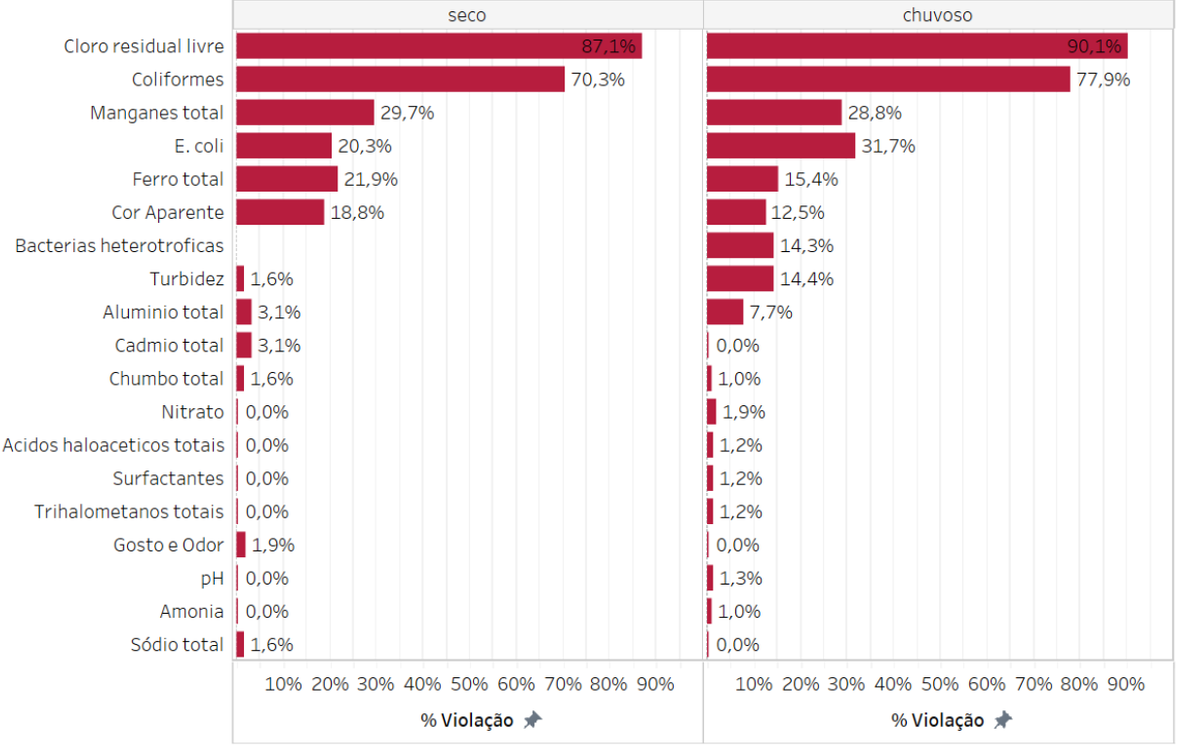
Para o município de Governador Valadares-MG, em geral, houve similaridade nos percentuais de violação dos parâmetros dos pontos sem tratamento em ambos os períodos amostrados (período chuvoso e seco). Quatro parâmetros, entretanto, destacam-se por terem apresentado elevados percentuais de violação: cloro residual livre, coliformes, manganês total e *E. coli*. Cloro residual livre apresentou 87,1% de violação no período seco e 90,1% no período chuvoso (**Figura 6-126**). Reforça-se, no entanto, que a partir de janeiro/2022 com a primeira revisão bi-anual do PMQACH, o parâmetro cloro residual livre deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais observados referem-se ao período pretérito a esta revisão.

Também apresentaram elevados percentuais de violação o parâmetro coliforme (70,3% de violação no período seco e 77,9% no período chuvoso) e *E. coli* (20,3% de violação no período seco e 31,7% no período chuvoso) (**Figura 6-126**). Estes resultados indicam a contaminação fecal da água proveniente de esgoto doméstico ou da criação de animais. Cabe destacar que estes parâmetros foram apontados como prioritários para busca de soluções de acordo com a mais recente revisão do plano integrado da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). Embora o município apresente taxa relativamente elevada de esgotamento sanitário (92,8% de acordo com o IBGE, 2010) – o que pode minimizar a influência regional para os pontos avaliados e ocupe a 44ª posição entre municípios com a maior taxa de esgotamento sanitários adequado (de um total de 853 municípios em que a 1ª posição refere-se àquele com a maior taxa de esgotamento sanitário adequado) – os aspectos locais também são importantes para a avaliação da qualidade da água para o consumo humano. Além disso, a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, e, no caso de um tratamento ineficiente, ainda pode ocorrer o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos corpos d'água.

Ainda, aponta-se para a relação entre os percentuais de violação do cloro e coliformes nos pontos sem tratamento. Os elevados percentuais de violação do limite inferior de cloro residual livre estão relacionados ao não tratamento da água. Isso contribui para a contaminação microbiológica nos sistemas de água para consumo humano (FUNASA, 2014), o que pode ser observado pelos elevados percentuais de coliformes totais observados.

Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação abaixo de 30% e não apresentaram um padrão evidente de variação sazonal (**Figura 6-126**).

Figura 6-126 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Governador Valadares-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

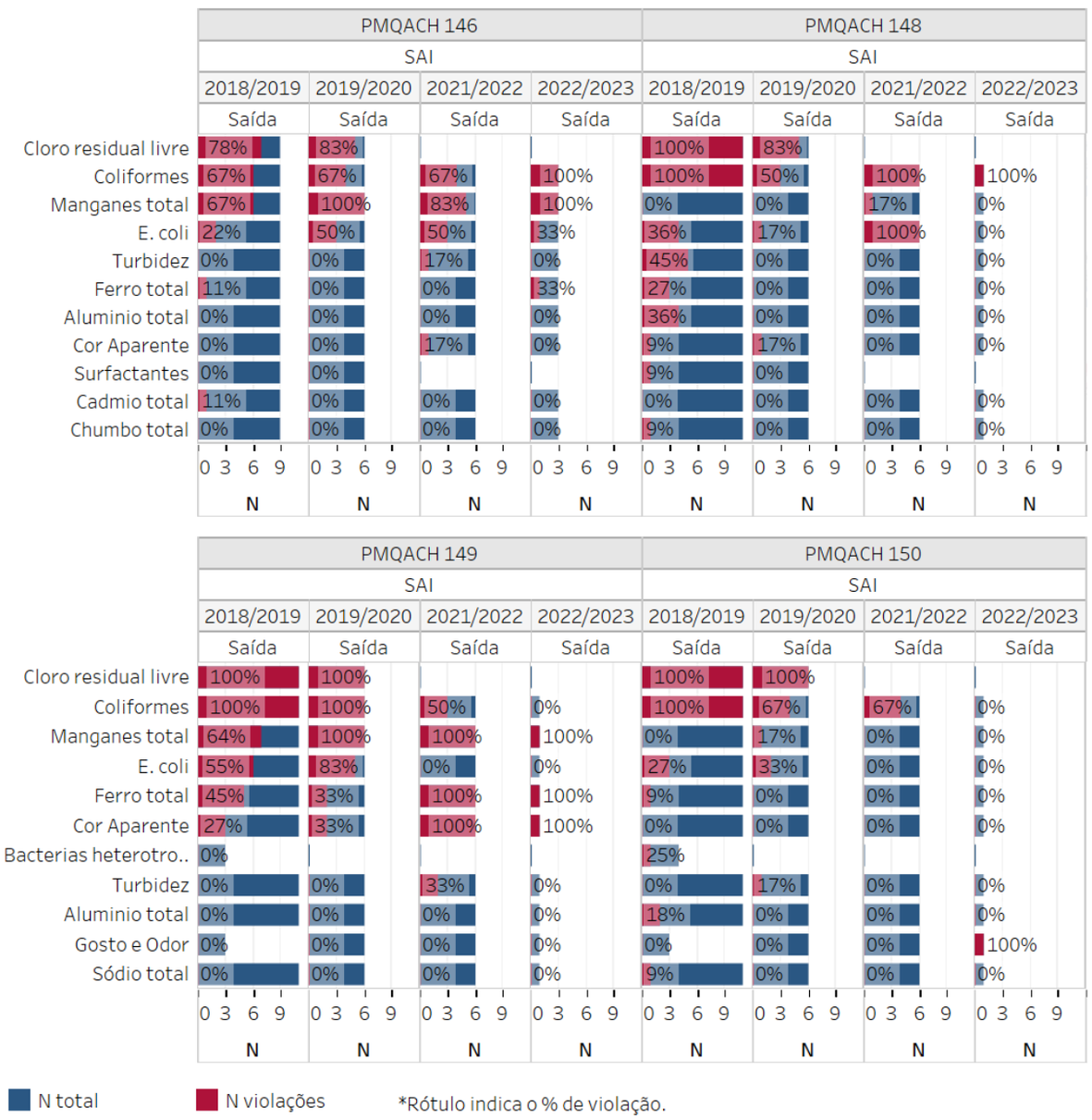


No município de Governador Valadares-MG, 7 pontos sem tratamento foram monitorados, todos com captação subterrânea e abastecimento tipo SAI.

No ponto PMQACH 146, coliformes e manganês apresentaram 100% de violação em 2022/2023 (3 amostras), resultado que supera o observado no ciclo anterior (**Figura 6-127**). Também houve aumento no percentual de violação, em 2022/2023, para ferro total que registrou 33% (1 de 3 amostras) (**Figura 6-127**). *E. coli* apresentou redução no percentual de violação em 2022/2023 em relação ao período anterior, com apenas 1 das 3 amostras em desconformidade (33%) (**Figura 6-127**).

No ponto PMQACH 148, na única amostragem realizada no ciclo de 2022/2023, apenas coliformes apresentou desconformidade (100%, 1 amostras), mesmo resultado do ciclo anterior (**Figura 6-127**). No ponto PMQACH 149 também foi realizada apenas uma amostragem no ciclo de 2022/2023. Nessa única campanha de 2022/2023, manganês total, ferro total e cor aparente apresentaram desconformidade (100%, 1 amostra), mesmo percentual observado no ciclo anterior (**Figura 6-127**). No ponto PMQACH 150, na única campanha do ciclo de 2022/2023, gosto e odor, aparece pela primeira vez no monitoramento em desconformidade (100% de violação, 1 amostra) (**Figura 6-127**).

Figura 6-127 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 146, PMQACH 148, PMQACH 149 e PMQACH 150 localizados no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

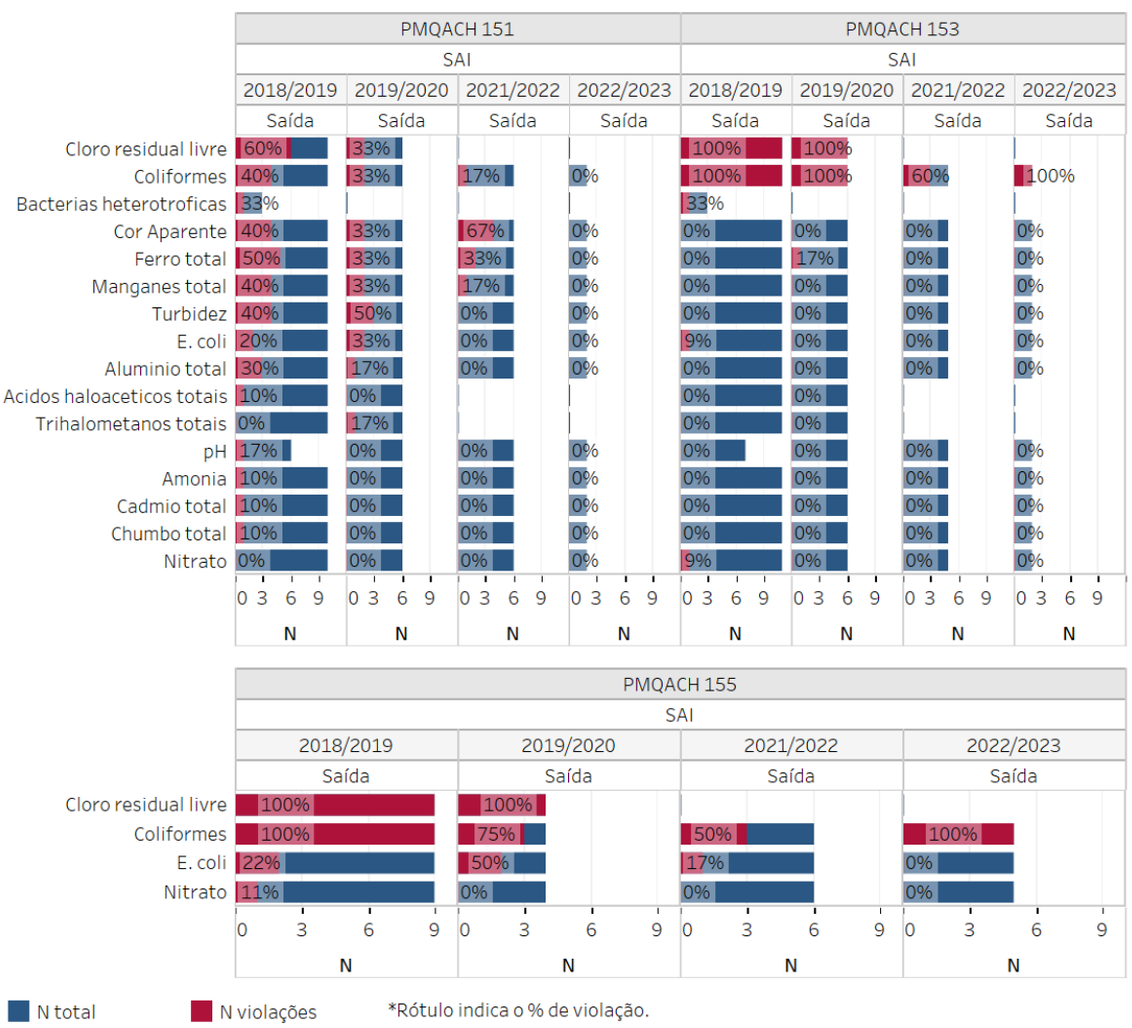


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 151, foram realizadas duas campanhas no ciclo de 2022/2023, não tendo sido observada nenhuma desconformidade com a legislação para os parâmetros monitorados (**Figura 6-128**).

No ponto PMQACH 153 foram conduzidas 2 campanhas no ciclo de 2022/2023 e no ponto PMQACH 155, 5 campanhas. Nestes dois pontos, foi registrado 100% de violação para coliformes, resultado que supera o percentual do ciclo anterior (**Figura 6-128**).

Figura 6-128 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 151, PMQACH 153 e PMQACH 155 localizados no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

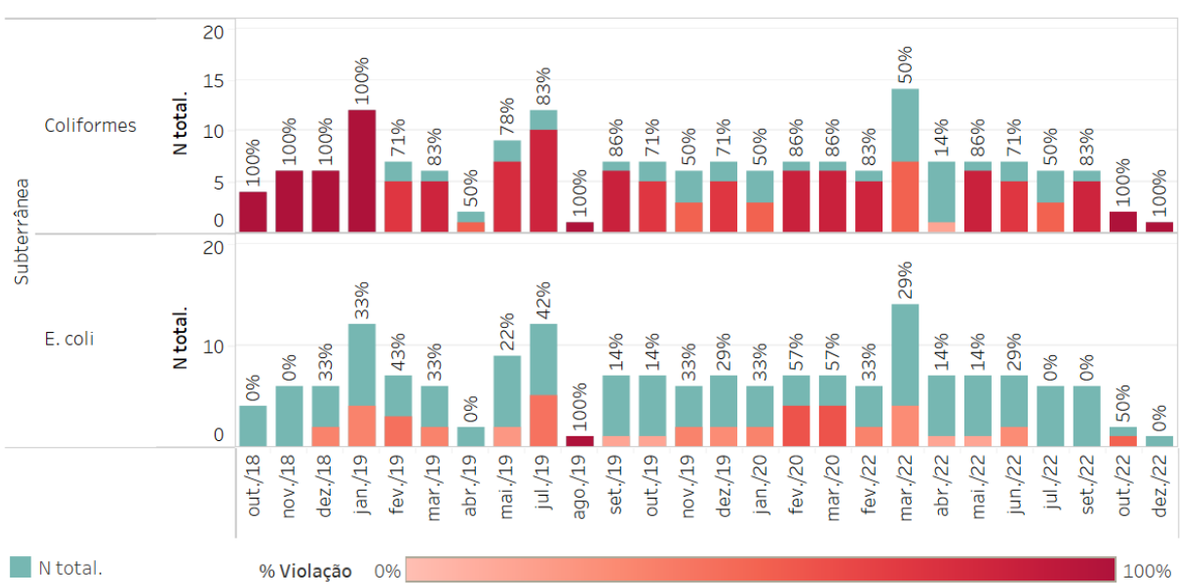


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.15.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Nos pontos sem tratamento, foi registrada a presença de coliformes e *E. coli* predominantemente em todo período monitorado (**Figura 6-129)**. A presença de coliformes foi registrada em todos os meses de monitoramento, com percentuais da presença do contaminante nas amostras do mês acima de 70% com frequência (**Figura 6-129**). *E. coli* somente não foi registrada em 6 meses de monitoramento (outubro e novembro/2018, abril/2019 e julho, setembro e dezembro/2022) (**Figura 6-129**). Não foi possível observar um padrão temporal ou sazonal evidente para coliformes e *E. coli*, no entanto, meses de maior incidência de chuvas (como janeiro/2019 e fevereiro/2020) foram meses com maiores percentuais de violação.

Figura 6-129 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* nos pontos sem tratamento localizados no município de Governador Valadares- MG.



No município de Governador Valadares, no ciclo 2022/2023 os pontos PMQACH 151 e 153 foram monitorados em apenas duas campanhas e os pontos PMQACH 148, 149 e 150 foram monitorados em apenas uma campanha, não sendo possível analisar estatisticamente as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados para estes pontos. Já os pontos

PQMQACH 146 e 155 foram devidamente analisados estatisticamente e o presente ciclo foi comparado com ciclos pretéritos (**Figura 6-130**). No ponto PMQACH 146, houve uma redução nos sólidos dissolvidos totais e aumento na concentração de zinco total ($p < 0,05$) (**Figura 6-130**). Nota-se a redução das concentrações de manganês total e turbidez no último período avaliado (2022/2023) no ponto PMQACH 155.

Figura 6-130 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Manganês total	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 146		↓			↑
PMQACH 155	↓		—	↓	

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, foram poucos os parâmetros e pontos que apresentaram resultados significativos, e sempre de forma pontual ($p < 0,05$) (**Figura 6-131**). Os parâmetros que apresentaram valores mais elevados durante os períodos chuvosos foram cloreto total (PMQACH 150), nitrato (PMQACH 146), sódio total (PMQACH 150), sólidos dissolvidos totais (PMQACH 151 e 153) e turbidez (PMQACH 153) ($p < 0,05$) (**Figura 6-131**). Por outro lado, e bário total (PMQACH 148) e alumínio total (PMQACH 149) apresentaram concentrações superiores durante o período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-131**).

Figura 6-131 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Bário Total	Cloreto total	Cor aparente	Ferro total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 146						●					
PMQACH 148		●									
PMQACH 149	●										
PMQACH 150			●						●		
PMQACH 151								●			
PMQACH 153								●		●	
PMQACH 155											

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

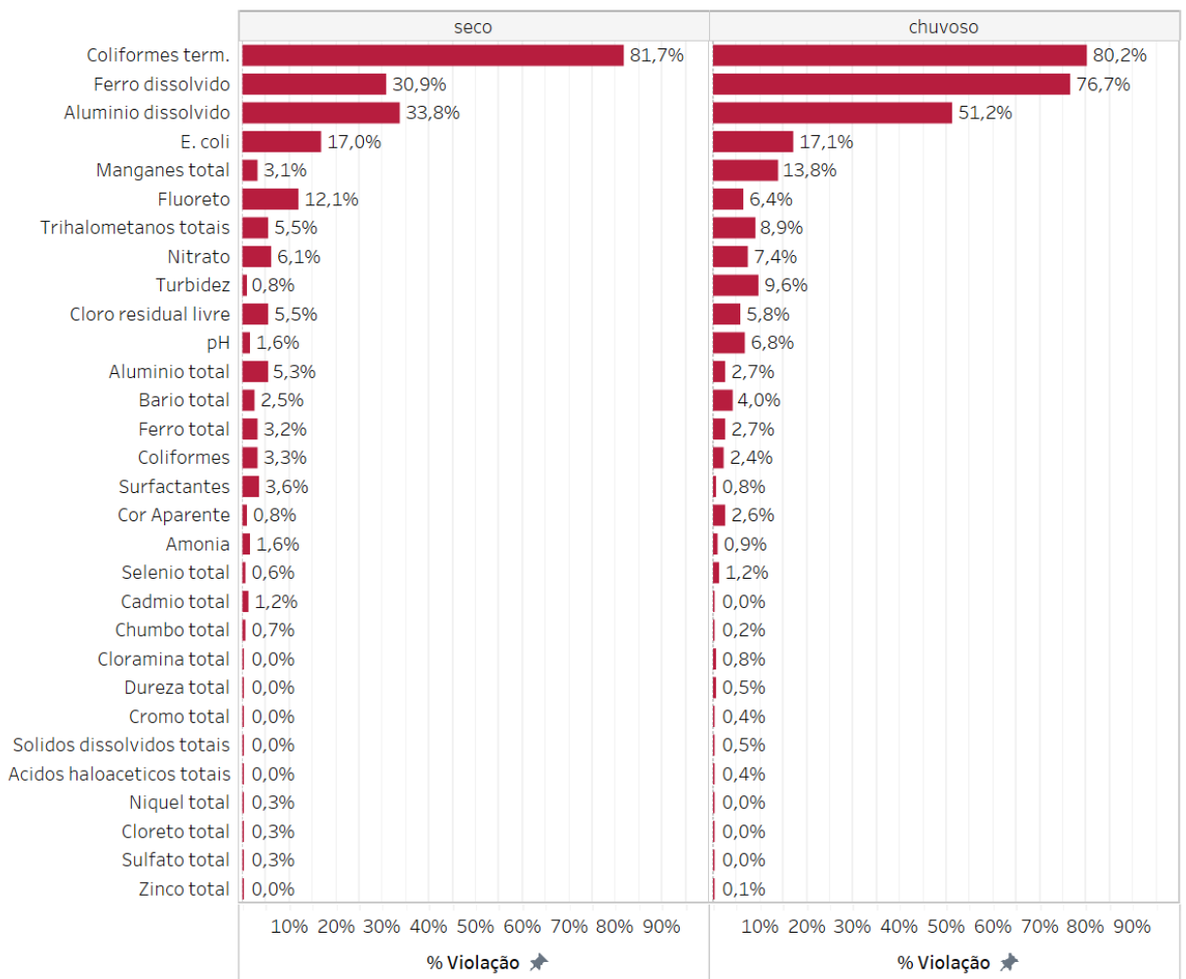
6.15.2 - Pontos com tratamento

6.15.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para os pontos com tratamento no município de Governador Valadares, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido e ferro dissolvido foram os parâmetros com os maiores percentuais de violação, superando 50% em pelo menos um dos períodos sazonais (seco ou chuvoso) (**Figura 6-132**). Ferro dissolvido e alumínio dissolvido, apresentaram maiores percentuais de violação no período chuvoso (76,6% e 51,2%, respectivamente) (**Figura 6-132**). De acordo com o plano integrado da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021), o ferro e o alumínio são encontrados de forma natural em rochas e no solo em ambientes da bacia do rio Doce. Com a lixiviação, que ocorre em maior volume durante o período chuvoso, estes metais são depositados nos corpos d'água, aumentando assim sua concentração, o que explica o maior percentual de violação neste período. O parâmetro coliformes termotolerantes, monitorado na captação dos corpos hídricos, também apresentou elevados percentuais de violação tanto no período chuvoso (80,2%) quanto no período seco (81,7%). Em menores percentuais (17% no período seco e chuvoso), *E. coli* também registrou desconformidade ao longo do monitoramento. Apesar do elevado percentual de esgotamento sanitário no município de Governador Valadares (92,8%; IBGE, 2010), isto não necessariamente reflete sua eficácia, que quando baixa, pode levar ao a contaminação por patógenos na água.

Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação abaixo de 15% para ambos os períodos, sem diferenças relevantes entre o período seco e chuvoso (**Figura 6-132**).

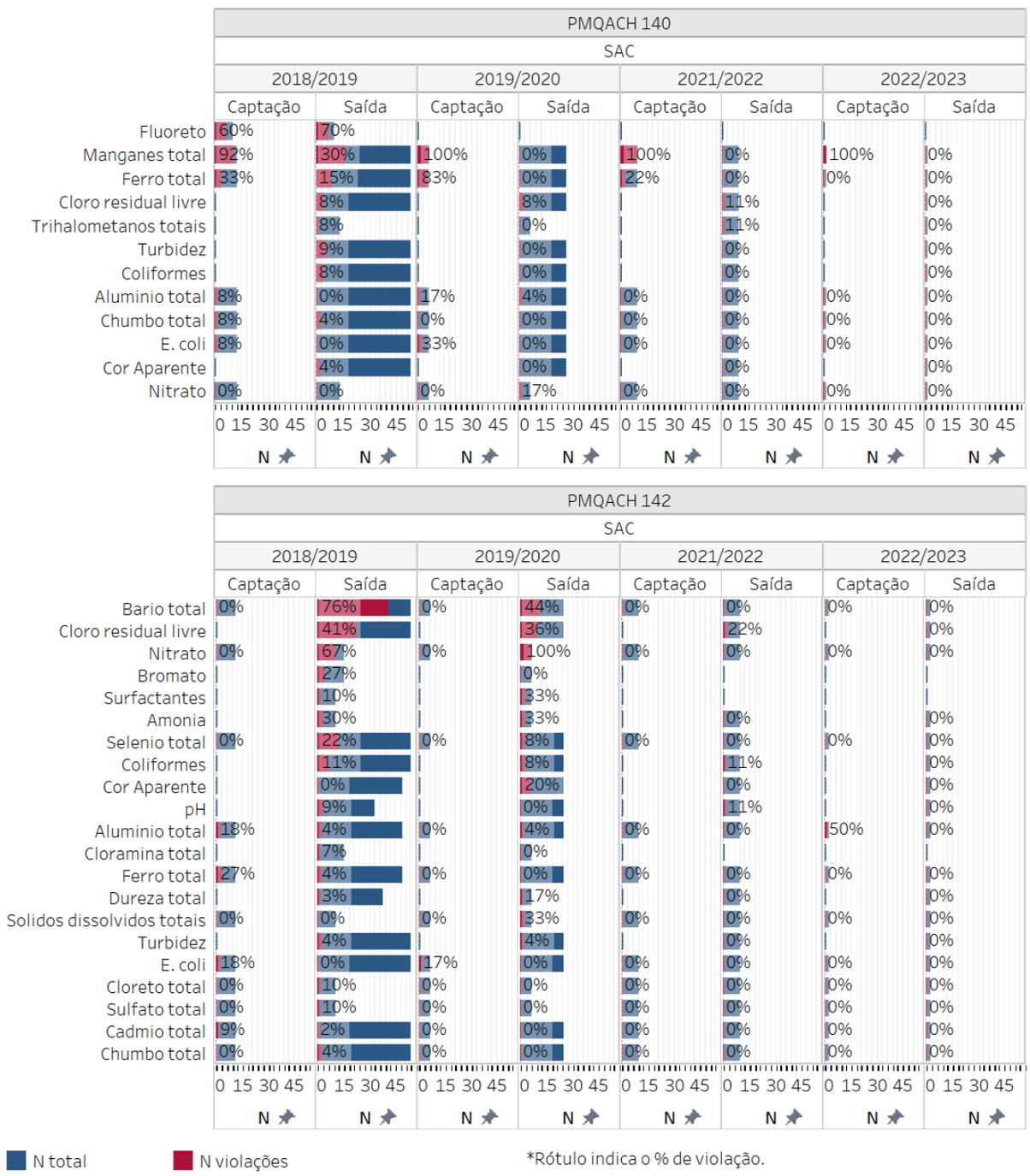
Figura 6-132 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento no município de Governador Valadares-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



No município de Governador Valadares-MG, 8 pontos foram monitorados, sendo 3 de captação subterrânea e 5 de captação superficial. Os 3 pontos de captação subterrânea possuem abastecimento do tipo SAC (PMQACH 140, PMQACH 142 e PMQACH 156). Os 5 pontos de captação superficial possuem abastecimento do tipo SAA (pontos PMQACH 134, PMQACH 135, PMQACH 136, PMQACH 137 e PMQACH 138).

O ponto PMQACH 140 só teve uma amostragem no ciclo de 2022/2023, tendo sido observada violação somente para manganês total na captação (100%, 1 amostra) (**Figura 6-133**). O ponto PMQACH 142 contou com apenas 2 campanhas no ciclo de 2022/2023, sendo que foi observada somente uma desconformidade para alumínio total na captação do ponto (50% de violação, 1 de 2 amostras) (**Figura 6-133**).

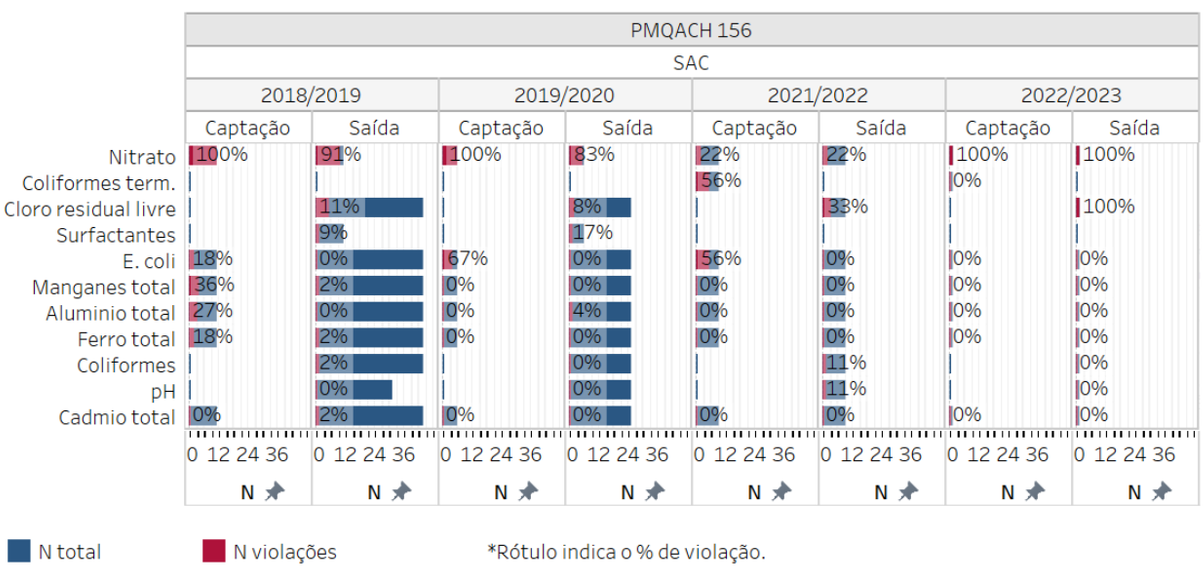
Figura 6-133 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 140 e PMQACH 142 localizados no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

O ponto PMQACH 156 também contou com apenas uma campanha de amostragem no ciclo de 2022/2023 (**Figura 6-134**). Nesta campanha, nitrato apresentou desconformidade na amostra da captação e da saída (100%, 1 amostra) e cloro residual livre na saída do tratamento (100%, 1 amostra) (**Figura 6-134**).

Figura 6-134 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 156 localizado no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

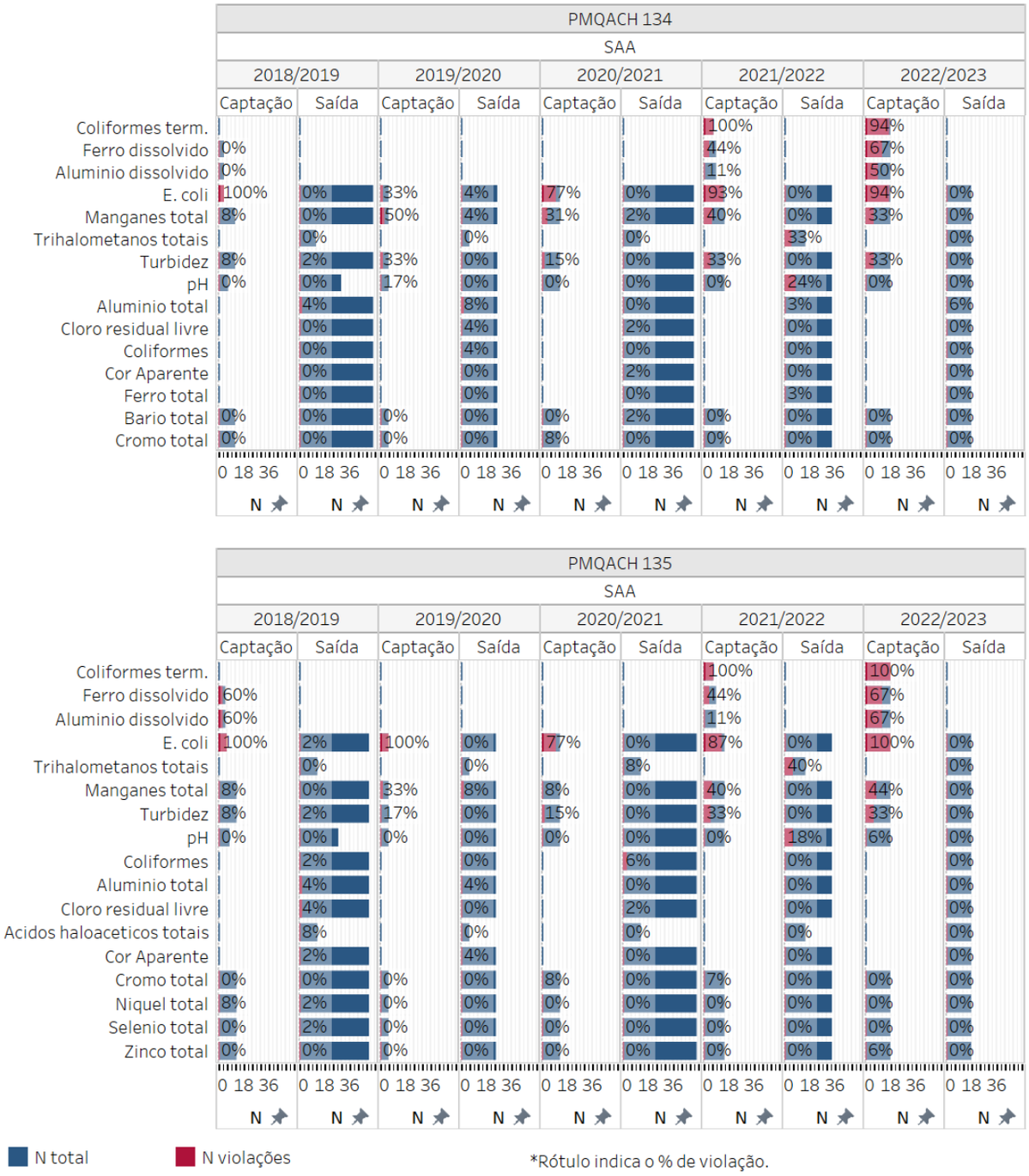
Os pontos PMQACH 134 e PMQACH 135 (**Figura 6-135**), PMQACH 136 e PMQACH 137 (**Figura 6-136**) e PMQACH 138 (**Figura 6-137**), todos com captação superficial e abastecimento tipo SAA, apresentaram maiores percentuais de violação em relação aos pontos cuja captação é subterrânea. Em todos eles observam-se elevados percentuais de violação para coliformes e *E. coli*, em 2022/2023.

Além disso, o padrão de violação, em 2022/2023, foi similar entre estes pontos na captação para coliformes (violações entre 87% e 100%), ferro dissolvido (violações entre 67% e 78%), alumínio dissolvido (violações entre 47% e 67%), *E. coli* (violações entre 73% e 100%), turbidez (violação de 33% para todos os pontos) e manganês total (violações entre 33% e 44%). Este padrão mostra que as características da água superficial na captação são similares entre estes pontos (**Figura 6-135, Figura 6-136 e Figura 6-137)**.

Na saída do tratamento foi observada violação pontual, em 2022/2023, para alumínio total no ponto PMQACH 134 (6%, 1 de 18 amostras), coliformes no ponto PMQACH 136 e PMQACH 137 (6%, 1 de 18 amostras), cloro residual livre no ponto PMQACH 137 e pH em PMQACH 138 (7%, 1 de 15 amostras) (**Figura 6-135, Figura 6-136 e Figura 6-137**).

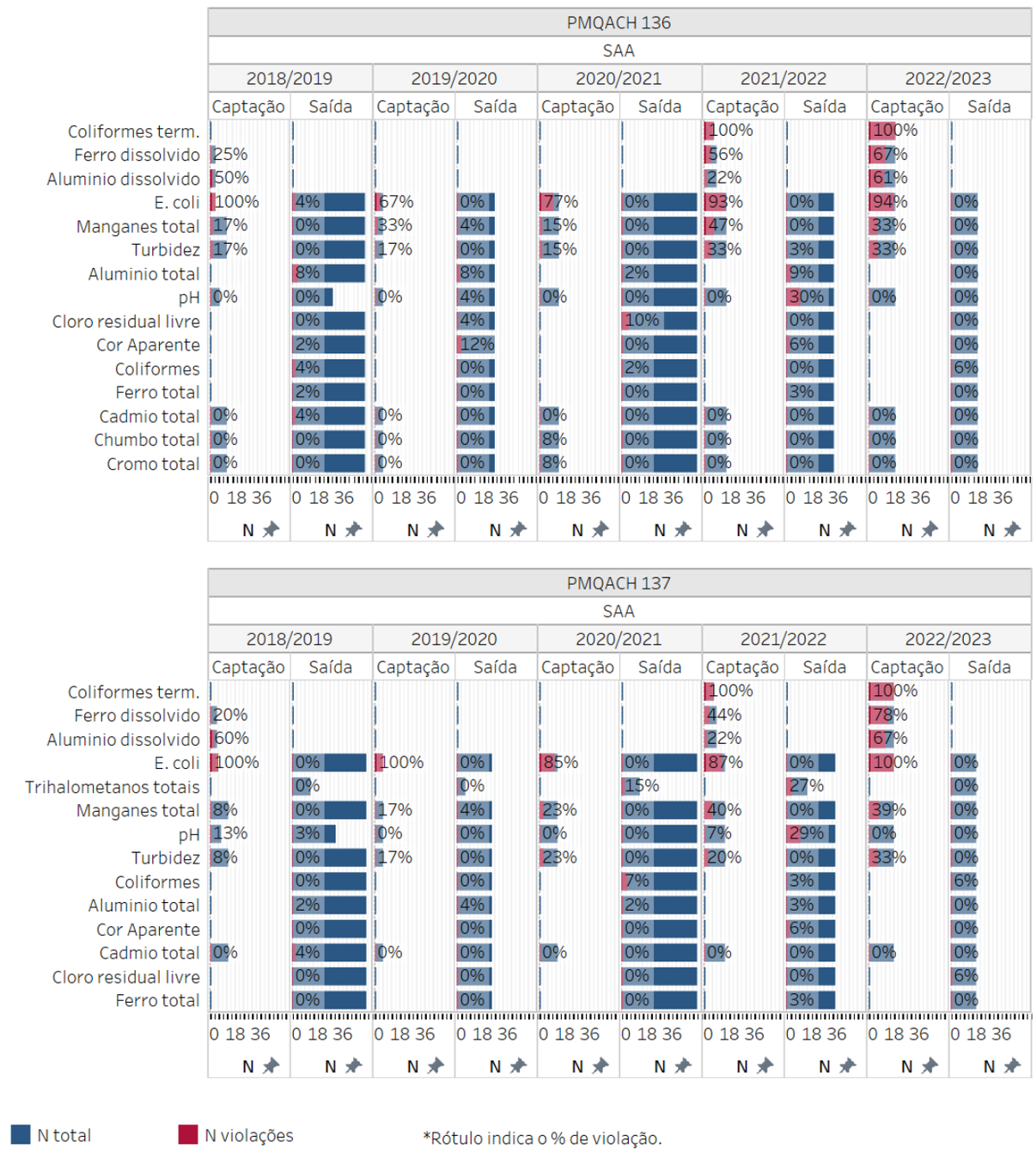
E. coli, que como mencionado, foi um parâmetro que apresentou elevados percentuais de violação na captação, apresentou conformidade na saída do tratamento em todos estes pontos, indicando, para este parâmetro, a eficiência na descontaminação da água (**Figura 6-135, Figura 6-136 e Figura 6-137)**.

Figura 6-135 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 134 e PMQACH 135 localizados no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



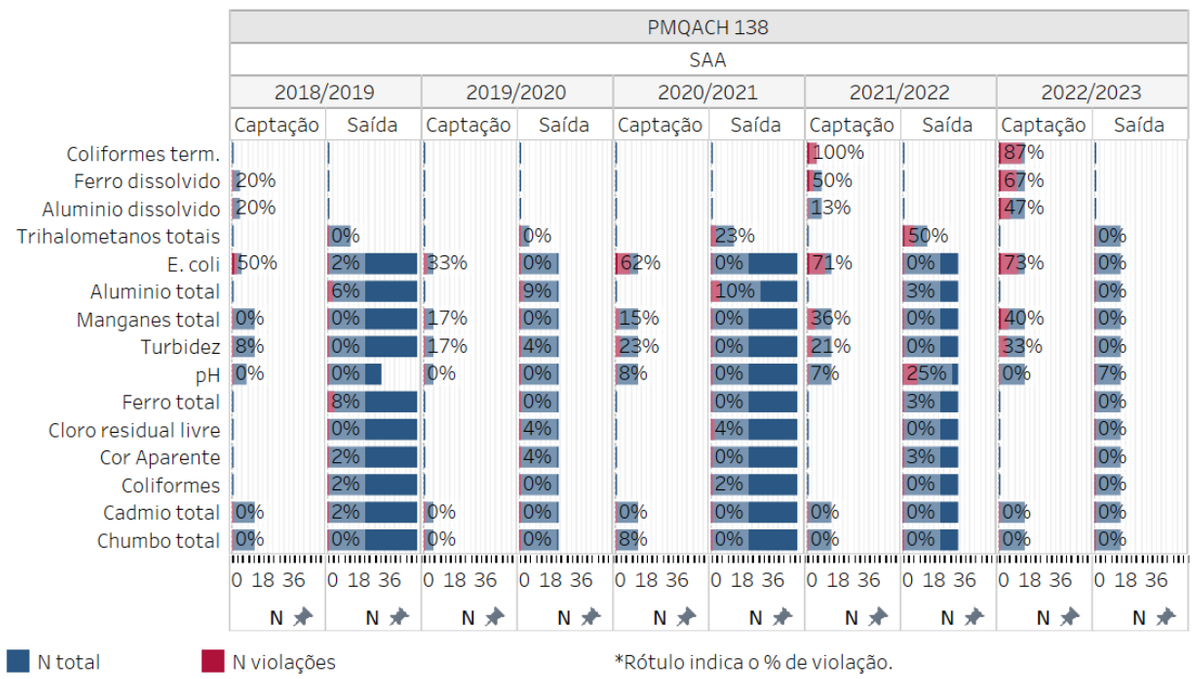
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Figura 6-136 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 136 e PMQACH 137 localizados no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Figura 6-137 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 138 localizado no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



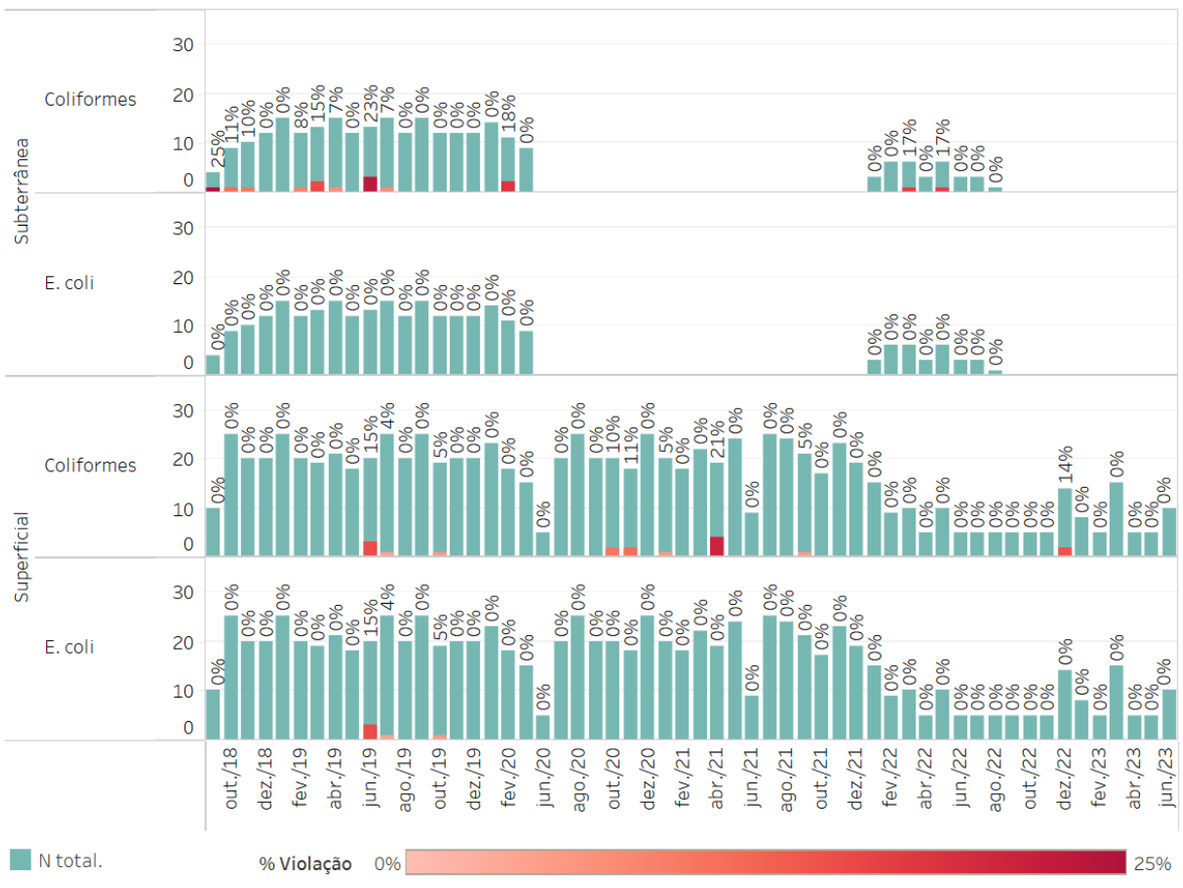
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.15.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída dos pontos com tratamento e captação subterrânea, a presença de coliformes foi registrada em 11 dos 27 meses, porém em um número reduzido de amostras (máximo de 25% das amostras do mês com a presença de coliformes). Não foi identificada a presença de *E. coli* na saída de pontos cuja captação é subterrânea (**Figura 6-138**).

Nos pontos com tratamento e captação superficial, coliformes e *E. coli* estiveram ausentes na maioria nos meses monitorados, e quando presentes não ultrapassaram 21% de amostras do mês com coliformes e 15% das amostras do mês com *E. coli* (**Figura 6-138**). Não há um padrão sazonal evidente para a presença destes microrganismos seja na captação subterrânea ou superficial.

Figura 6-138 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento localizados no município de Governador Valadares- MG.



Em relação aos pontos com tratamento monitorados no município de Governador Valadares, no ciclo 2022/2023 os pontos PMQACH 140, 142 e 156 foram monitorados em apenas uma campanha, não sendo possível analisar estatisticamente as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados para estes pontos. Já os pontos PQMQACH 134, 135, 136, 137 e 138 foram devidamente analisados estatisticamente e o presente ciclo foi comparado com ciclos pretéritos.

Nota-se a redução nas concentrações de sólidos dissolvidos totais e cloreto total no último período avaliado (2022/2023) em diversos pontos, tanto na captação como saída, com exceção da saída do ponto PMQACH 137, o qual apresentou um aumento na concentração de cloreto total ($p < 0,05$) (**Figura 6-139**). Os resultados de zinco total demonstraram aumento nas captações de

todos os pontos avaliados, em exceção ao ponto PMQACH 135. Adicionalmente, cor aparente exibiu valores superiores no último ciclo nas saídas dos pontos PMQACH 134, 135 e 136 e manganês total na captação dos pontos PMQACH 135, 136 e 138 ($p < 0,05$) (**Figura 6-139**). Pontualmente, alumínio total (captação PMQACH 138), bário total (captação PMQACH 135 e saída PMQACH 138) e turbidez (captação PMQACH 135) também apresentaram tendência de aumento em suas concentrações no último ciclo avaliado ($p < 0,05$) (**Figura 6-139**).

Figura 6-139 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Dureza total	Cloreto total	Cor aparente	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 134	Captação			—	↓				—		—			↑
	Saída	—	—	—	↓	↑		—		↓	↓		—	↑
PMQACH 135	Captação		↑	—	↓			↑		—	↓		↑	—
	Saída	—	—	—	↓	↑	—	—		—	↓	—	—	—
PMQACH 136	Captação			—	↓			↑			—	—		↑
	Saída	—	—	—		↑		—		—	↓	—	—	—
PMQACH 137	Captação			—	↓					—	↓	—		↑
	Saída	—	—	—	↑		—			—	↓		—	—
PMQACH 138	Captação	↑		—				↑	—		↓			↑
	Saída	—	↑	—	—			—	↓	—	↓	—	—	

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, alguns parâmetros apresentaram concentrações mais elevadas durante o período chuvoso em diversos pontos, como alumínio total, bário total, ferro total, manganês total e turbidez, tanto na captação como na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-140**). Por outro lado, pH (principalmente na saída) e sódio total (na captação e na saída) apresentaram resultados superiores durante o período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-140**). Além disso, ressalta-se que, embora pontualmente, alumínio total também apresentou resultados elevados durante o período seco (saídas dos pontos PMQACH 137 e 138) e sódio total durante o período chuvoso (saída PMQACH 142) ($p < 0,05$) (**Figura 6-140**). Cloreto total exibiu concentrações superiores durante o período seco nas captações dos pontos PMQACH 135, 136 e 137. Já nitrato, sólidos dissolvidos totais e zinco total apresentaram resultados pontuais diferentes dependendo do ponto ($p < 0,05$) (**Figura 6-140**). A captação do ponto PMQACH 140 não apresentou diferença sazonal significante.

Figura 6-140 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 134	Captação	●	●			●	●	●			●	●	
	Saída		●				●			●		●	
PMQACH 135	Captação	●	●	●		●	●			●	●	●	
	Saída		●			●		●					
PMQACH 136	Captação	●	●	●		●	●		●	●	●	●	
	Saída	●								●	●		
PMQACH 137	Captação		●	●									
	Saída	●	●					●	●		●		●
PMQACH 138	Captação	●	●			●	●				●	●	●
	Saída	●	●						●		●		
PMQACH 140	Captação												
	Saída						●		●		●		
PMQACH 142	Captação									●			
	Saída		●			●					●	●	
PMQACH 156	Captação					●						●	
	Saída						●					●	

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.16 - Tumiritinga

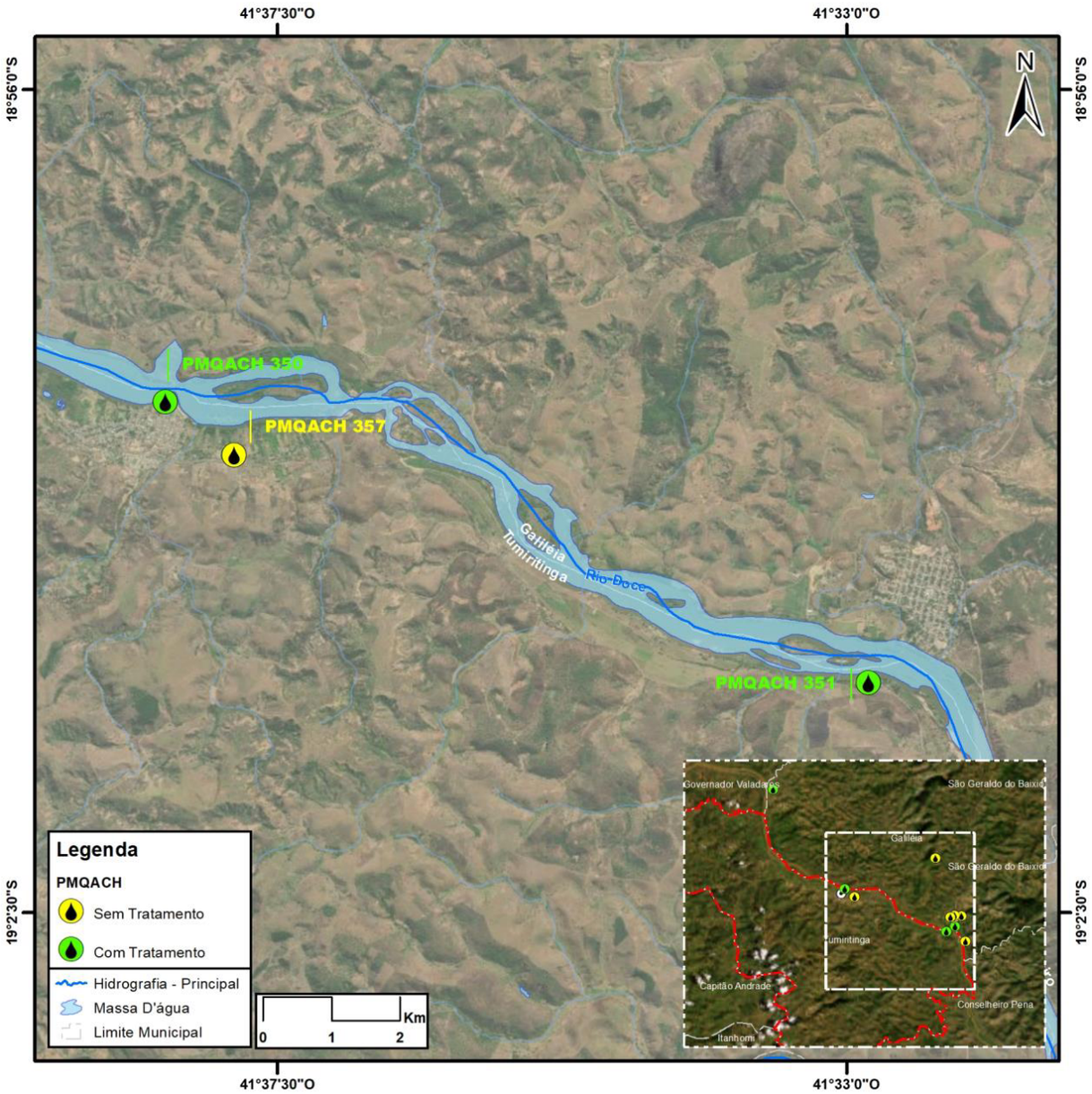
No município de Tumiritinga-MG, foi considerado 01 (um) ponto de monitoramento sem tratamento de água, do tipo Solução alternativa Individual (SAI) e 02 (dois) pontos com tratamento, do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) **(Figura 6-141** e **Quadro 6-16**).

Quadro 6-16 – Características dos pontos do município de Tumiritinga considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 350	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 351	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo
PMQACH 357[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/08/2022

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-141 – Localização geográfica dos pontos monitorados em Tumiritinga-MG.



6.16.1 - Pontos sem tratamento

6.16.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

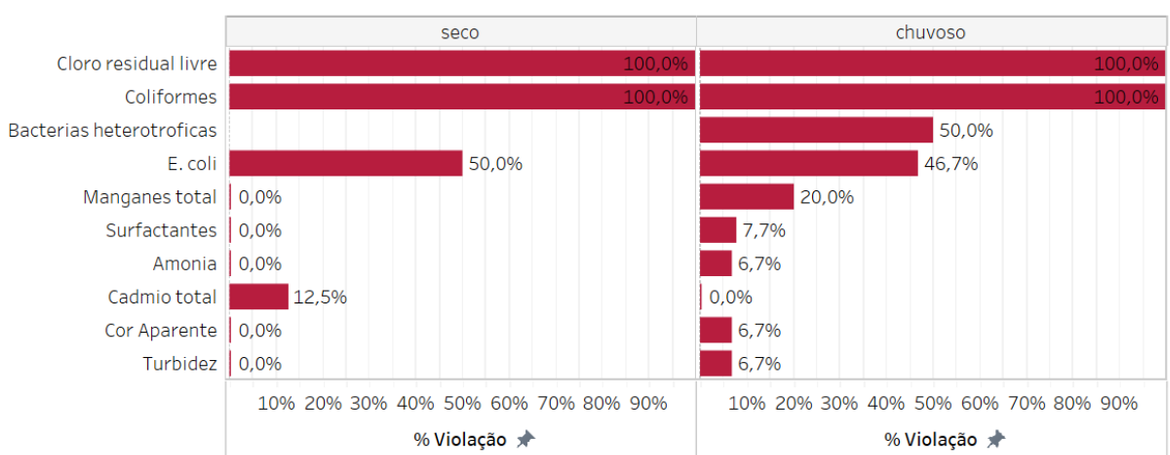
Para o município de Tumiritinga-MG, destacam-se o cloro residual livre e coliformes, por apresentarem percentuais de violação de 100% tanto para o período seco quanto para o chuvoso (**Figura 6-142**). Para cloro residual livre é importante destacar que a partir de janeiro/2022, com a primeira revisão bianual do PMQACH, este parâmetro deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais de violação observados referem-se ao período anterior a revisão.

Os elevados percentuais de violação do cloro residual livre se deram principalmente no limite inferior, ou seja, os valores mensurados foram menores do que o preconizado pela legislação vigente. No entanto, estas concentrações baixas ou inexistentes são esperadas, uma vez que o ponto não tem sistema de tratamento de água. As consequências da ausência de cloração neste ponto incluem a colonização da água por microrganismos e patógenos, com a ocorrência de coliformes e *E. coli*. Estes dois parâmetros são indicados como prioritários para gestão na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). Coliformes apresentou 100% de violação no período seco e chuvoso e *E. coli* 50% no período seco e 46,7% no período chuvoso (**Figura 6-142**). A presença *E. coli* nas amostras indica relação com contaminação fecal da água provenientes de esgoto doméstico ou criação de animais. Embora contemple um grande grupo de bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, a presença de coliformes também é em alerta para possível exposição da fonte a focos de poluição ou contaminação. No município de Tumiritinga, o percentual de esgotamento sanitário é de 33% (IBGE, 2010). Comparando-o com outros municípios de Minas Gerais (total de 853 municípios), Tumiritinga ocupa a 705ª posição entre os municípios com maiores taxas de esgotamento sanitário (sendo a primeira posição correspondente ao município com a maior taxa) (IBGE, 2010), ou seja, o esgotamento sanitário de Tumiritinga ainda está aquém de ser eficiente e a ausência de tratamento adequado do esgoto sanitário em mais da metade

do município ajuda a explicar a contaminação por coliformes e *E. coli* e, consequentemente, os elevados percentuais de violação destes parâmetros (**Figura 6-142**).

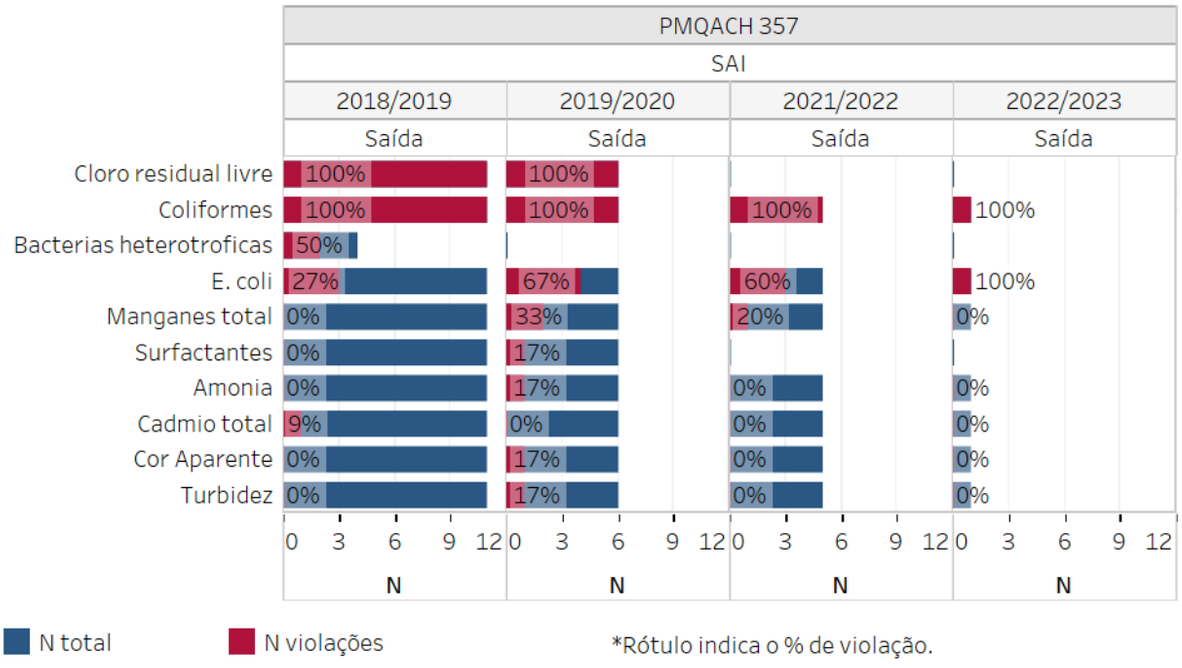
Apresentaram desconformidade apenas no período chuvoso os parâmetros manganês total (20%), surfactantes (7,7%), amônia (6,7%), cor aparente (6,7%) e turbidez (6,7%). Cádmio total apresentou 12,5% de violação apenas no período seco (**Figura 6-142**).

Figura 6-142 – Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Tumiritinga-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



No município de Tumiritinga, apenas um ponto de monitoramento sem tratamento, com captação subterrânea e abastecimento tipo SAI foi avaliado, PMQACH 37. Neste ponto, coliformes apresentou 100% de violação em todos os períodos avaliados. No último ciclo, 2022/2023, na única campanha realizada, destaca-se ainda 100% de violação para *E. coli* (1 amostra) resultado que representa um aumento em relação a períodos anteriores (**Figura 6-143**).

Figura 6-143 – Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 357 localizado no município de Tumiritinga-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

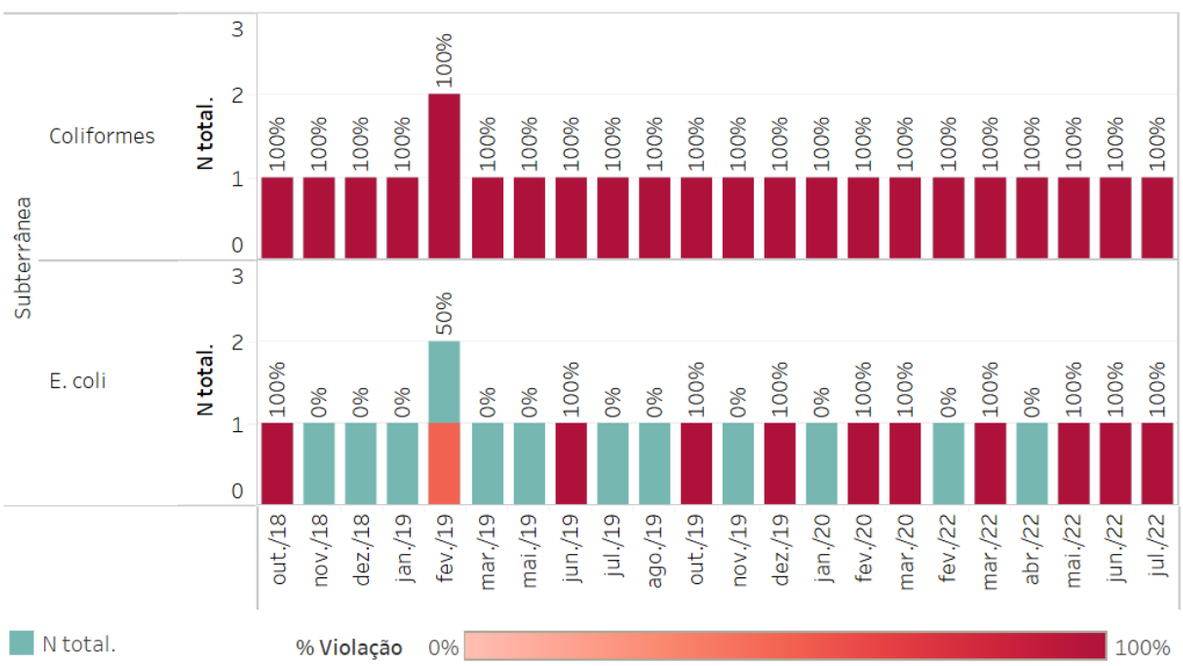


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.16.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

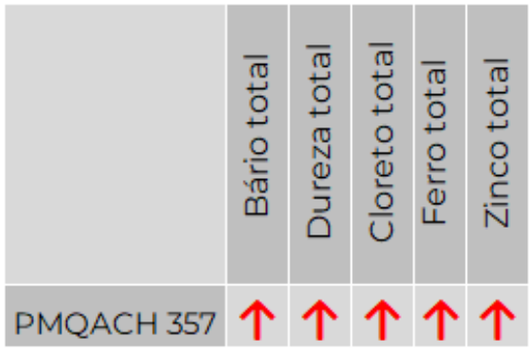
No ponto sem tratamento de água de Tumiritinga, PMACH 357, a presença de coliformes foi identificada em todos os 22 meses monitorados (100% de violação). *E. coli*, por sua vez, não foi detectada em 11 dos 22 meses. Para nenhum dos dois parâmetros foi possível identificar um padrão sazonal ou temporal (**Figura 6-144**).

Figura 6-144 – Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* dos pontos sem tratamento localizados no município de Tumiritinga- MG, e sua variação entre período chuvoso e seco.



O ponto sem tratamento PMQACH 357 avaliado no município Tumiritinga, apresentou um padrão de aumento das concentrações de bário total, dureza total, cloreto total, ferro total e zinco total no último ciclo avaliado (2022/2023) em relação aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-145**).

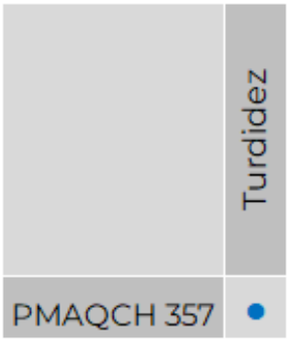
Figura 6-145 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, somente turbidez apresentou diferença significativa entre os períodos chuvosos e secos, sendo suas concentrações superiores durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-146**).

Figura 6-146 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

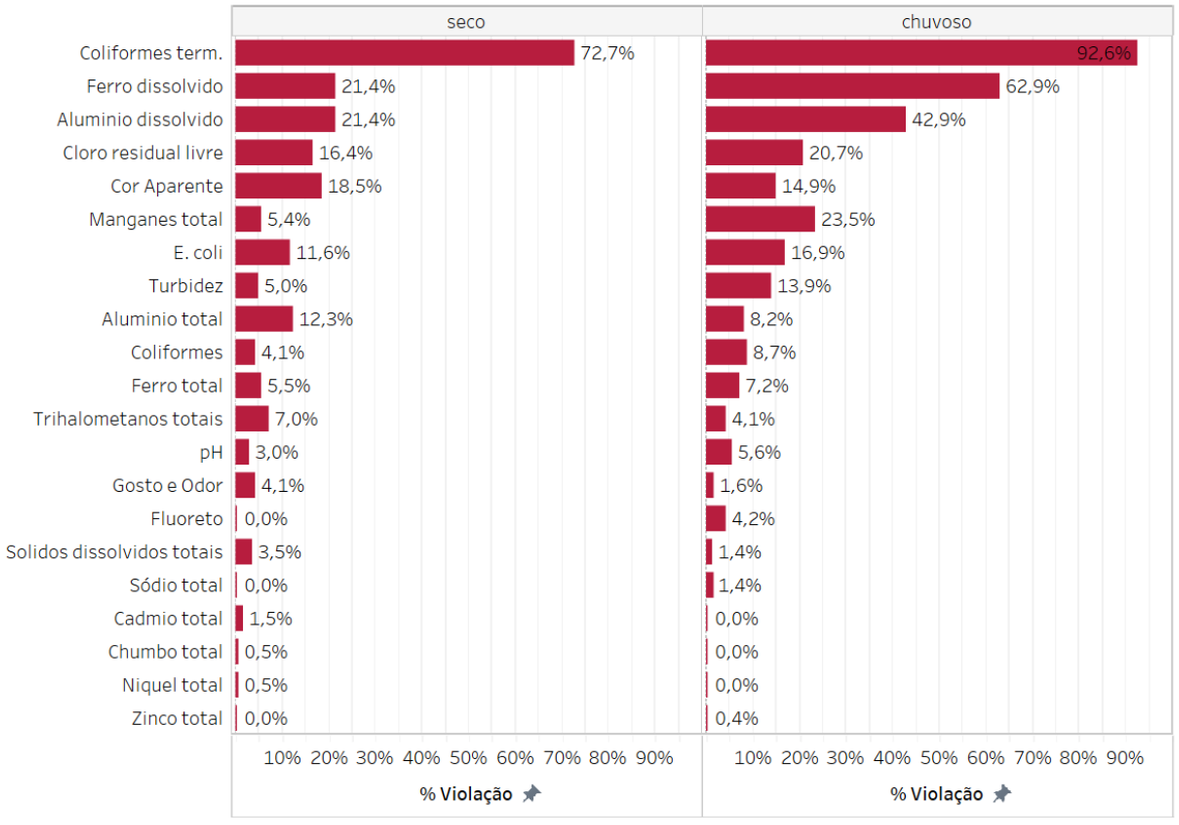
6.16.2 - Pontos com tratamento

6.16.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Os pontos com tratamento apresentaram, no geral, percentuais de violação mais reduzidos (inferiores a 20%) para a maioria dos parâmetros. As exceções foram coliformes termotolerantes com 72,7% de violação no período seco e 92,6% no período chuvoso, ferro dissolvido com 21,4% de violação no período seco e 62,9% no período chuvoso e alumínio dissolvido com 21,4% no período seco e 42,9% no período chuvoso (**Figura 6-147**). É importante destacar que estes parâmetros só foram monitorados na captação a partir da primeira revisão bianual, em janeiro de 2022.

Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação abaixo de 25%. Entre eles, destacam-se, por terem apresentado violação somente no período chuvoso, o fluoreto (4,2%), sódio total (1,4%) e o zinco total (0,4%). Apresentaram desconformidade apenas no período seco, o cádmio total (1,5% de violação), chumbo total (0,5% de violação) e níquel total (0,5% de violação) (**Figura 6-147**).

Figura 6-147 – Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento no município de Tumiritinga-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Dois pontos com tratamento de água foram monitorados, ambos com captação superficial e abastecimento tipo SAA.

No ponto PMQACH 350, em 2022/2023, na captação, foi observado 89% de violação para coliformes termotolerantes (16 de 18 amostras), percentual tão elevado quanto o do ciclo anterior. Ferro dissolvido e alumínio dissolvido apresentaram 61% de violação (11 de 18 amostras), resultados que representam um aumento em relação ao período anterior (**Figura 6-148**).

Ainda na captação, foram observadas violações para *E. coli* (83%, 15 de 18 amostras), manganês total (44%, 8 de 18 amostras) e turbidez (33%, 6 de 18 amostras), resultados similares ao do ciclo anterior. Ao serem avaliados na saída do tratamento, estes parâmetros apresentaram conformidade. O pH que não apresentou desconformidade na captação registrou violação pontual na saída do tratamento (6%, 1 de 18 amostras) (**Figura 6-148**).

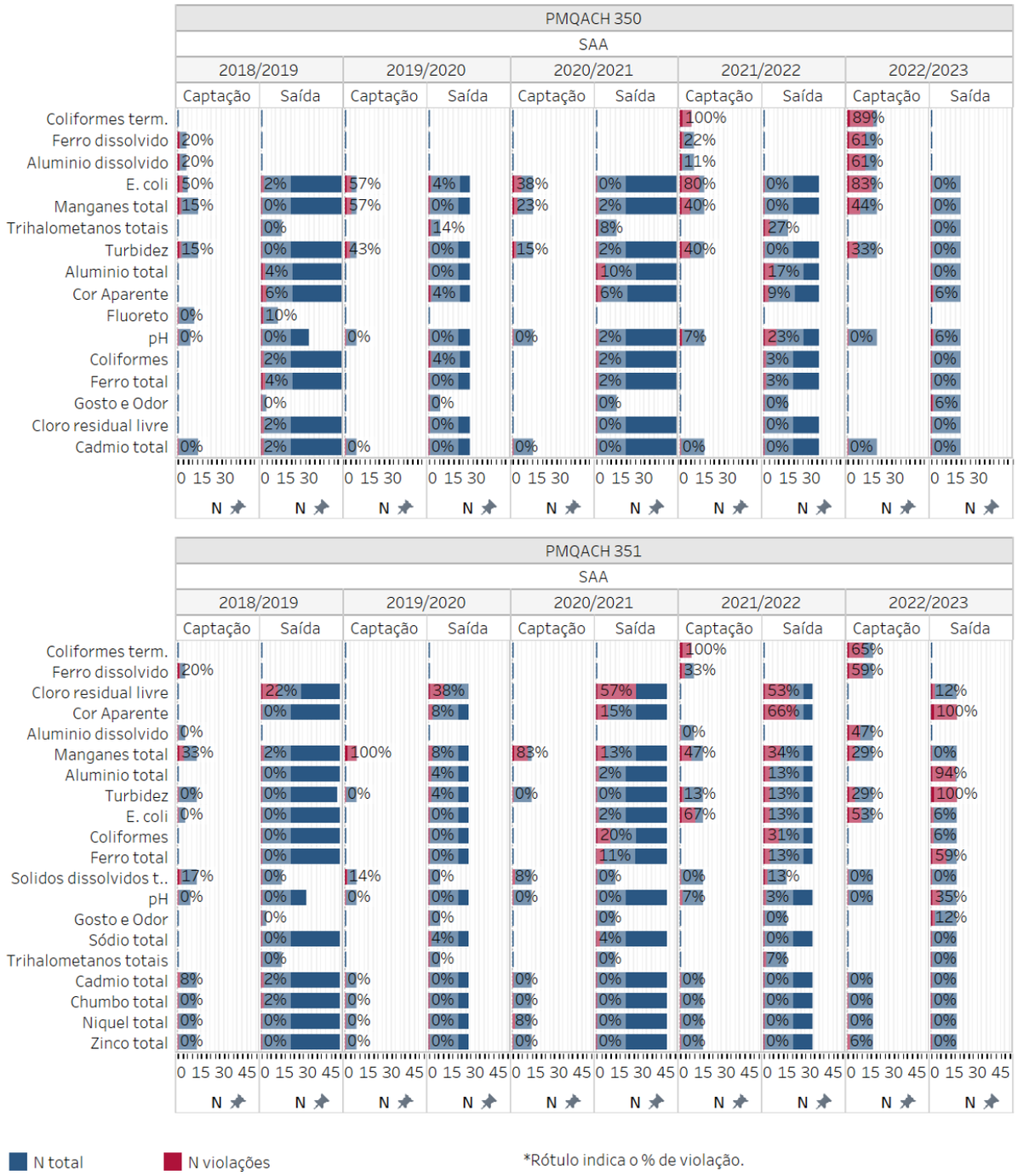
Monitorados exclusivamente na saída do tratamento, cor aparente e gosto e odor apresentaram violação pontual em 1 das 18 amostras avaliadas em 2022/2023 (6% de violação) (**Figura 6-148**).

O ponto PMQACH 351 apresentou em 2022/2023, na captação, 65% de violação para coliformes termotolerantes (11 de 17 amostras), resultado que representa uma pequena redução em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-148**). Ferro dissolvido apresentou 59% de violação (10 de 17 amostras) e alumínio dissolvido 47% (8 de 17 amostras), resultados que representam um aumento em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-148**).

Manganês total registrou 29% de violação na captação em 2022/2023 (5 de 17 amostras), percentual inferior ao do ciclo anterior (**Figura 6-148**). Na saída do tratamento, este parâmetro não registrou desconformidade (**Figura 6-148**). Zinco total, que pela primeira vez no monitoramento registrou desconformidade na captação (6%, 1 de 17 amostras), não registrou violação na saída do tratamento (**Figura 6-148**). Turbidez registrou na captação, em 2022/2023, 29% de violação (5 de 17 amostras), sendo que na saída todas a amostras apresentaram desconformidade (100%, 17 amostras) (**Figura 6-148**). *E coli* registrou 53% de violação na captação (9 de 17 amostras) e violação pontual na saída do tratamento (6%, 1 de 17 amostras) (**Figura 6-148**). pH que não registrou desconformidade na captação, apresentou 35% de violação na saída do tratamento (6 de 17 amostras) (**Figura 6-148**).

Monitorados exclusivamente na saída do tratamento, foi registrado em 2022/2023 violações para cloro residual livre (12%, 2 de 17 amostras), cor aparente (100%, 17 amostras), alumínio total (94%, 16 de 17 amostras), coliformes (6%, 1 de 17 amostras), ferro total (59%, 10 de 17 amostras) e gosto e odor (12%, 2 de 17 amostras) (**Figura 6-148**).

Figura 6-148 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 350, PMQACH 351 localizados no município de Tumiritinga-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

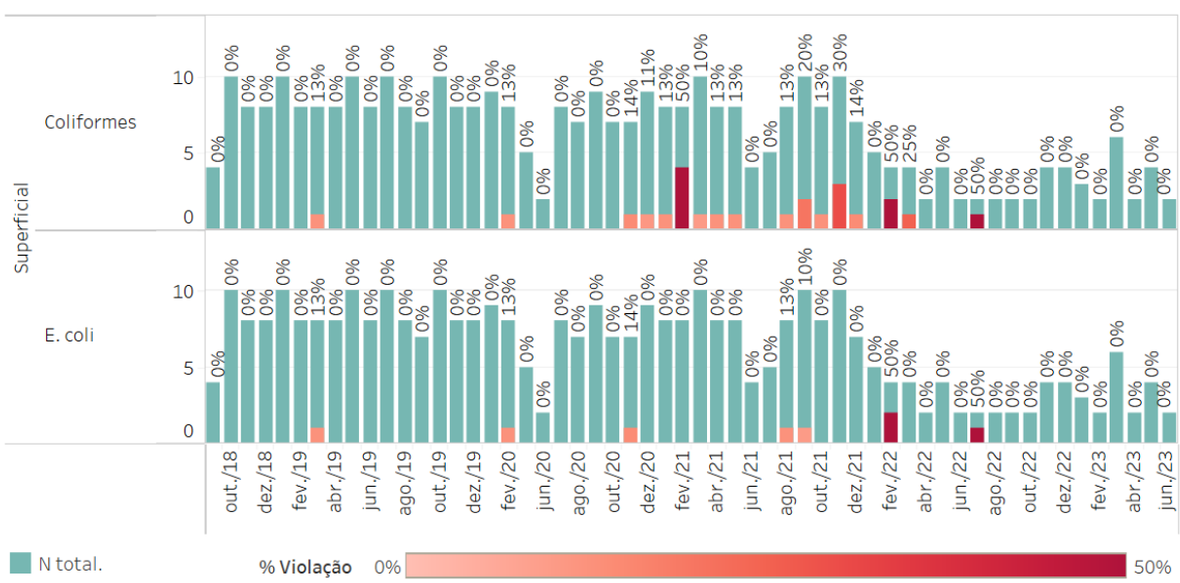


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.16.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída dos pontos com tratamento de água, coliformes e *E. coli* apresentaram resultados predominantemente "ausentes" ao longo do monitoramento. No período avaliado neste relatório (julho/2022 a julho/2023) a presença de coliformes e *E. coli* foi registrada apenas em um mês (julho/2022) (**Figura 6-149**).

Figura 6-149 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento localizados no município de Tumiritinga- MG.



Em relação aos demais parâmetros, destaca-se o padrão de redução das concentrações de cloreto total e sólidos dissolvidos totais, como também aumento na concentração de zinco total no último ciclo avaliado (2022/2023), o que foi observado tanto na captação como na saída dos pontos PMQACH 350 e 351 ($p < 0,05$) (**Figura 6-150**). Além disso, nota-se também um padrão de aumento dos resultados de alumínio total, bário total e turbidez na captação do ponto PMQACH 351 ($p < 0,05$) (**Figura 6-150**). Por outro lado, o parâmetro dureza total apresenta uma redução na captação de ambos os pontos. Sódio total teve uma diminuição pontual no ponto PMQACH 350 (captação) ($p < 0,05$) (**Figura 6-150**).

Figura 6-150 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 350	Captação			↓		↓			—		—	↓		↑
	Saída	—	—	↓			—	—	—	—	—	↓	—	↑
PMQACH 351	Captação	↑	↑	↓		↓			—		↓	↓	↑	↑
	Saída			↓		—			—		—	↓		↑

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Diversos parâmetros apresentaram concentrações mais elevadas durante o período chuvoso ou seco. Tanto na captação do ponto PMQACH 350 como na saída do ponto PMQACH 351, observa-se valores mais elevados durante o período chuvoso para turbidez, alumínio, bário, ferro e manganês total, e durante o período seco para cloreto total, nitrato e sólidos dissolvidos totais ($p < 0,05$) (**Figura 6-151**). Ademais, os parâmetros bário e manganês total também apresentaram valores mais elevados durante o período chuvoso na saída do ponto PMQACH 350 e na captação do ponto PMQACH 351, respectivamente ($p < 0,05$) (**Figura 6-151**). Alumínio total também apresentou padrão de aumento na saída do ponto PMQACH 350, no entanto, durante o período seco. Por fim, destaca-se o aumento de sódio total durante o período seco na saída de ambos os pontos e durante o período chuvoso na captação do ponto PMQACH 350 ($p < 0,05$) (**Figura 6-151**).

Figura 6-151 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Dureza	Ferro total	Manganês total	Sódio total	Nitrato	SDT	Turbidez
PMQACH 350	Captação	●	●	●		●	●	●	●	●	●
	Saída	●	●					●			
PMQACH 351	Captação						●				
	Saída	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.17 - Galiléia

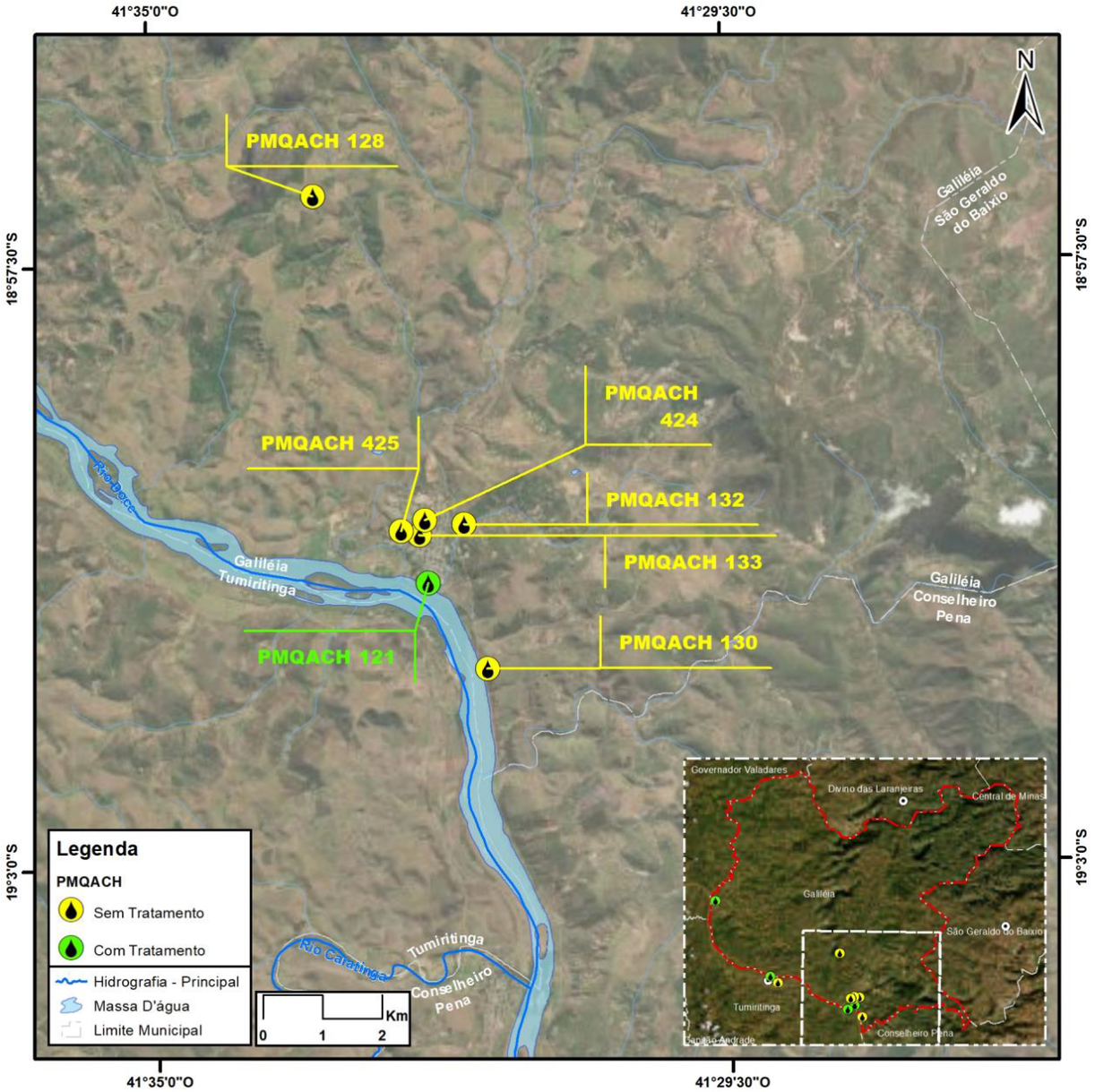
No município de Galiléia-MG, foram considerados 7 (sete) pontos de monitoramento, sendo 1 (um) com tratamento de água do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e 6 (seis) sem tratamento de água do tipo Soluções Alternativas Individuais (SAI) (**Figura 6-152** e **Quadro 6-17**).

Quadro 6-17 - Características dos pontos do município de Galiléia considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 128 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/11/2022
PMQACH 130 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/01/2023
PMQACH 132 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 133 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/10/2022
PMQACH 424	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 425	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 121	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-152 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Galiléia-MG.



6.17.1 - Pontos sem tratamento

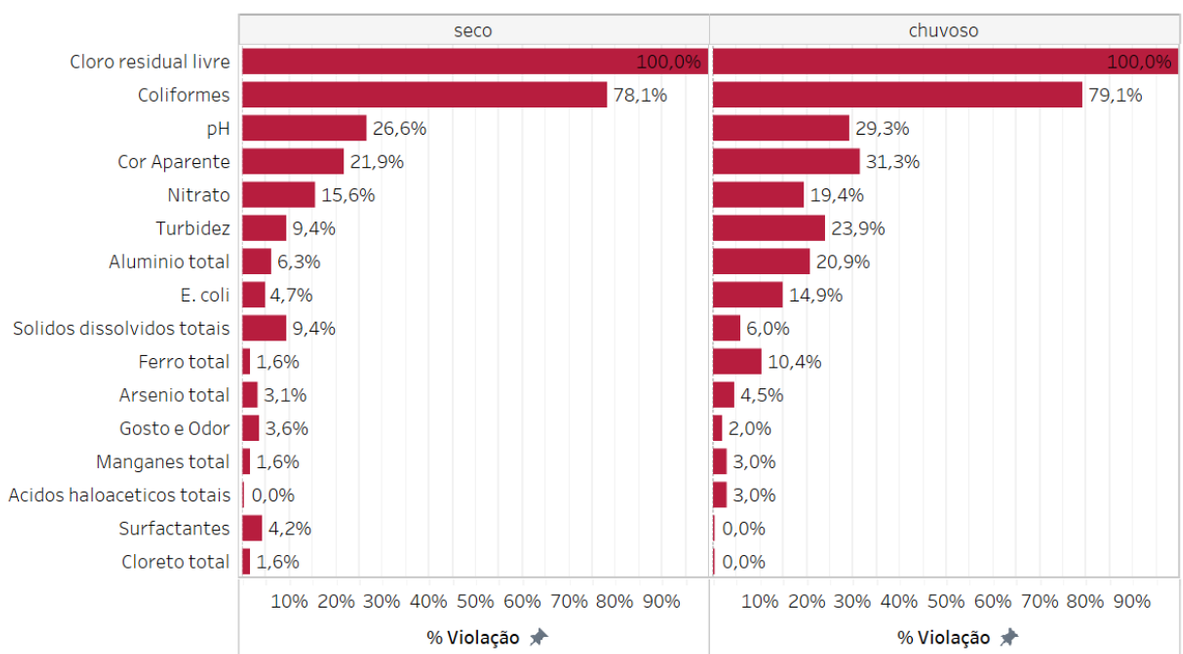
6.17.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Galiléia-MG, nos pontos sem tratamento, cloro residual livre e coliformes se destacaram por apresentarem elevados percentuais de violação para os dois períodos analisados (período chuvoso e seco). Cloro residual livre apresentou 100% de violação do limite inferior legal, ou seja, observou-se concentração ausente ou abaixo do recomendado para os dois períodos analisados (seco e chuvoso) (**Figura 6-153**). Reforça-se, entretanto, que a partir de janeiro de 2022, com a primeira revisão bianual do PMQACH, o parâmetro cloro residual livre deixou de ser monitorado. Os elevados percentuais de violação observados estão relacionados ao período pretérito à esta revisão. Pelo fato de ser um dos responsáveis pela eliminação de microrganismos na água, a baixa concentração ou inexistência de cloro pode explicar o elevado percentual de violação de coliformes na água, com 78% de amostras em desconformidade no período seco e 79% no período chuvoso (**Figura 6-153**).

Embora contemple um grande grupo de bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, a presença de coliformes também é em alerta para possível exposição da fonte a focos de poluição ou contaminação. Este parâmetro foi indicado como prioritário para busca de soluções pela mais recente revisão do plano integrado da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). De acordo com o IBGE (2010), o município de Galiléia apresenta 74,7% de esgotamento sanitário adequado. Comparando-o com os municípios do estado de Minas Gerais (total de 853 municípios), Galiléia ocupa a 284ª posição entre os municípios com maior taxa de esgotamento sanitário adequado (sendo que a primeira posição corresponde ao município com a maior taxa de esgotamento sanitário adequado) (IBGE, 2010). Apesar de relativamente elevada taxa de esgotamento sanitário, é importante ressaltar que isso não reflete sua eficiência, ou seja, caso o tratamento seja ineficiente, o efluente ainda terá a presença de matéria orgânica e patógenos, tendo como consequência o lançamento nos recursos hídricos.

De maneira geral, foi possível observar um padrão sazonal, com percentuais de violação mais elevados no período chuvoso, para os parâmetros: cor aparente, turbidez, alumínio total, *E. coli* e ferro total. Estes parâmetros estão associados ao aumento de suas concentrações em corpos hídricos em períodos de maior pluviosidade quando ocorre a lixiviação e carreamento de partículas (**Figura 6-153**).

Figura 6-153 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto sem tratamento do município de Galiléia-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis.



Seis pontos sem tratamento e do tipo SAI foram monitorados, todos apresentando captação subterrânea (**Figura 6-154**).

No ponto PMQACH 128, foi registrado no último ciclo de 2022/2023, 100% de violação (4 amostras) para pH, mesmo percentual observado no ciclo anterior. Coliformes apresentou redução substancial no percentual desconforme, registrando 25% de violação em 2022/2023 (1 de 4 amostras), comparados aos 83% do ciclo anterior. Pela primeira vez no monitoramento, em 2022/2023, gosto e odor registrou desconformidade em 2 amostras das 4 avaliadas no período (50% de violação) (**Figura 6-154**).

No ponto PMQACH 130, coliformes apresentou desconformidade em todas as 6 amostras do ciclo de 2022/2023, mesmo percentual dos últimos dois ciclos. Ainda em 2022/2023 houve aumento no percentual de violação para os parâmetros cor aparente (83%, 5 de 6 amostras) e *E. coli* (33%, 2 de 6 amostras). Foi registrado também no último ciclo violação pontual de alumínio total (17%, 1 de 6 amostras), mesmo percentual do ciclo anterior (**Figura 6-154**).

O ponto PMQACH 132 apresentou, em 2022/2023, 50% de violação (1 de 2 amostras) para coliformes, cor aparente e gosto e odor. Este percentual representou uma redução em relação ao ciclo anterior apenas para coliformes (**Figura 6-154**).

No ponto PMQACH 133 cor aparente e sólidos dissolvidos totais registraram 100% de amostras em desconformidade com a legislação em 2022/2023 (3 amostras). Este resultado representa, para ambos os parâmetros, um aumento em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-154**). Coliformes registrou 67% de violação em 2022/2023 (2 de 3 amostras), percentual inferior ao do ciclo anterior. Cloreto total apresentou pela primeira vez no monitoramento, em 2022/2023, 1 amostra em desconformidade de um total de 3 (33% de violação) (**Figura 6-154**).

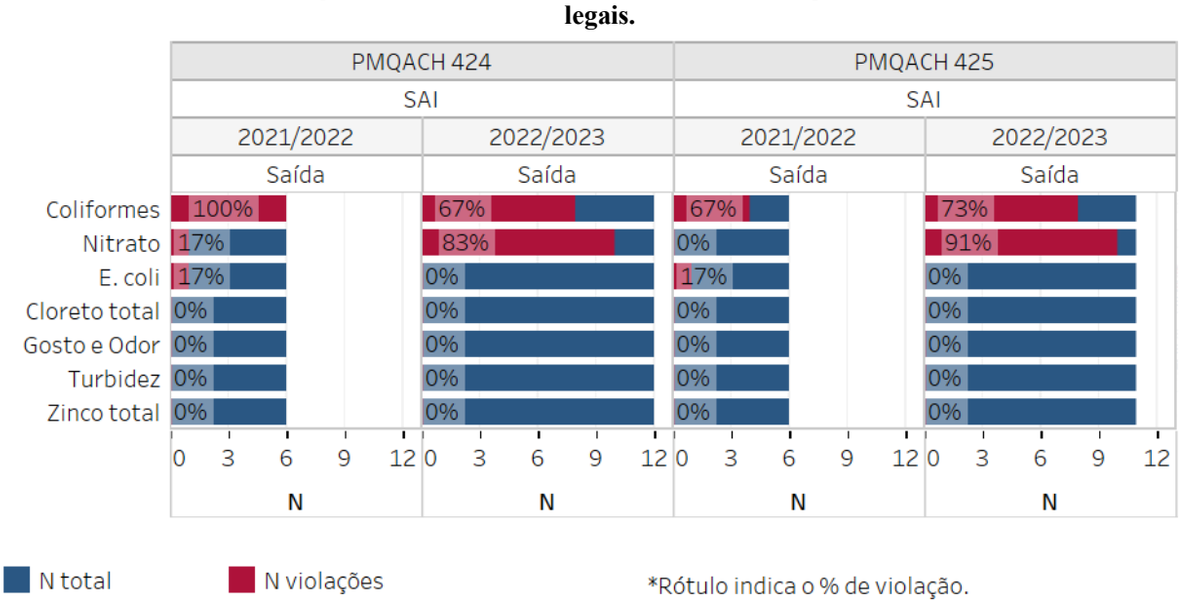
Figura 6-154 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 128, PMQACH 130, PMQACH 132 e PMQACH 133 localizados no município de Galiléia-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites legais.

Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 424, no ciclo de 2022/2023, foi registrada violação apenas para coliformes (67%, 8 de 12 amostras) e nitrato (83%, 10 de 12 amostras). Para nitrato, este resultado representou um aumento substancial em relação ao período anterior (17%) (**Figura 6-155**).

No ponto PMQACH 425 estes dois parâmetros também foram os únicos que apresentaram desconformidade com a legislação em percentuais similares aos do ponto PMQACH 424. Coliformes registrou 73% de violação (8 de 11 amostras), o que representou um pequeno aumento em relação ao ciclo anterior. Nitrato apresentou desconformidade pela primeira vez no monitoramento neste ponto, com 91% de violação (10 de 11 amostras) (**Figura 6-155**).

Figura 6-155 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 424 e PMQACH 425 localizados no município de Galiléia-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites legais.

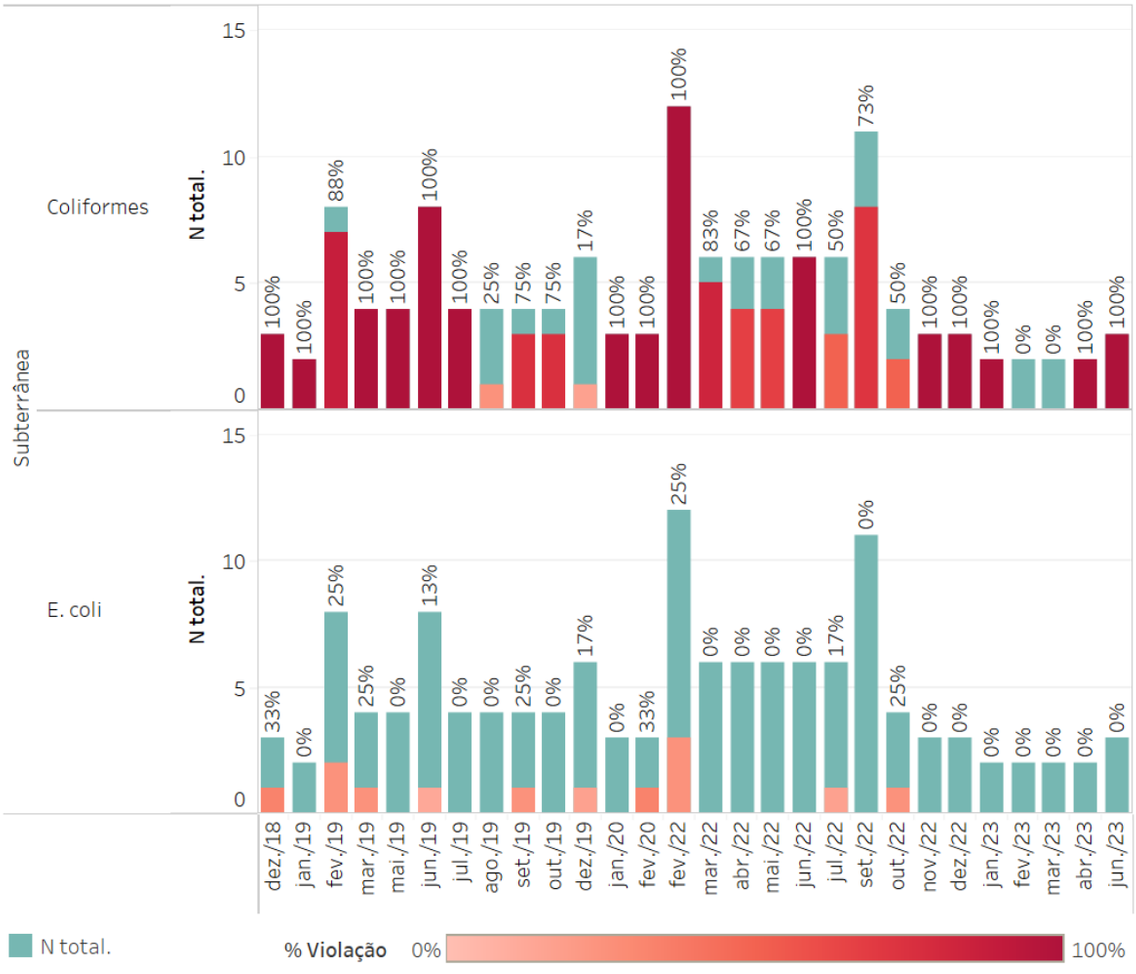


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.17.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Nos pontos sem tratamento e de captação subterrânea foi registrada a presença de coliformes em quase todos os meses, com percentuais variando entre 17% e 100%. Somente nos meses de fevereiro/2023 e março/2023 não foi detectada a presença do microrganismo. A presença de *E. coli* foi pontual, não excedendo 33% de amostras no mês com a presença do contaminante. Desde julho/2022, período avaliado neste relatório, *E. coli* esteve presente em apenas 2 meses (julho/2022 e outubro/2022) (**Figura 6-156**). Não foi possível identificar padrão sazonal para a presença desses contaminantes.

Figura 6-156 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de Galiléia-MG, e sua variação entre período chuvoso e seco.



No município de Galiléia, no ciclo 2022/2023 o ponto PMQACH 132 foi monitorado em apenas 2 campanhas, não sendo possível analisar as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados. Os demais pontos PMQACH 128, PQMQACH 130, PQMQACH 133, PQMQACH 424 e PQMQACH 425 foram devidamente analisados estatisticamente e o presente ciclo foi temporalmente comparado com ciclos pretéritos. No geral, destacam-se os pontos PMQACH 424 e 425, que apresentaram aumento nas concentrações de diversos parâmetros em 2022/2023, como bário total, cloreto total, dureza total, manganês total, nitrato, sólidos dissolvidos totais e sódio total. Em adição, o ponto PMQACH 424 também demonstrou aumento de cor aparente e ferro total ($p < 0,05$) (**Figura 6-157**). Ademais, cloreto total (PMQACH 128 e 133), dureza (PMQACH 133), nitrato (PMQACH 128) e zinco total (PMQACH 128, 130 e 133) também apresentaram aumento nas concentrações nos demais pontos ($p < 0,05$) (**Figura 6-157**). Em contrapartida, destaca-se redução para alumínio total e turbidez no ponto PMQACH 425 e para manganês total nos pontos PMQACH 128, PQMQACH 130 e PQMQACH 133. Os demais parâmetros demonstraram tendência pontuais de redução ($p < 0,05$) (**Figura 6-157**).

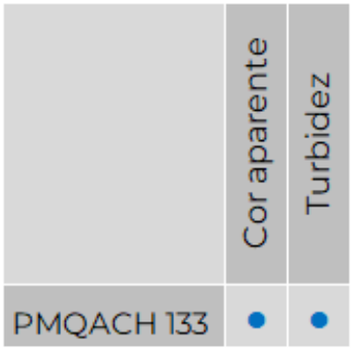
Figura 6-157 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Bário Total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 128			↑				↓	↑			—	↓	↑
PMQACH 130	↑						↓		↓	↓			↑
PMQACH 133		↓	↑		↑		↓		—		↑		↑
PMQACH 424		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		↑	↑		
PMQACH 425	↓	↑	↑		↑		↑	↑		↑	↑	↓	

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, somente o ponto PMQACH 133 apresentou resultados significativos ($p < 0,05$) (**Figura 6-158**). Os parâmetros cor aparente e turbidez apresentaram concentrações mais elevadas durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-158**).

Figura 6-158 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.17.2 - Pontos com tratamento

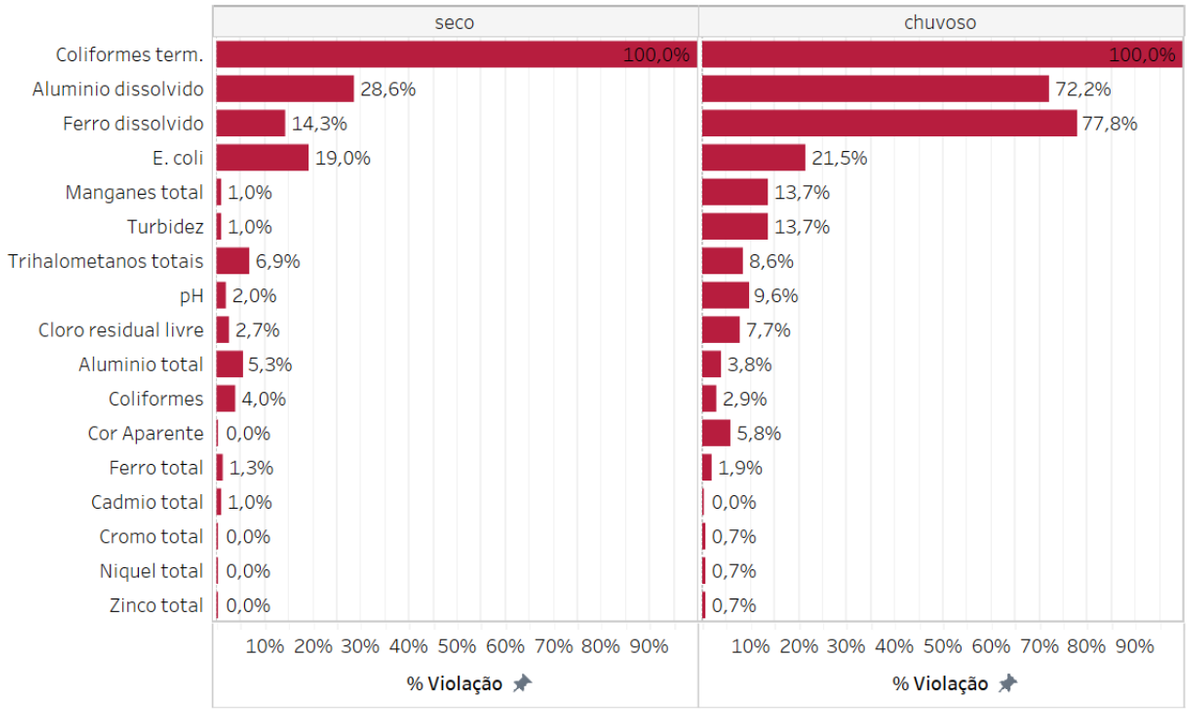
6.17.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o ponto com tratamento de água do município de Galiléia-MG, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido e ferro dissolvido foram os parâmetros com maiores percentuais de violação (acima de 70% em pelo menos um dos períodos seco ou chuvoso). Reforça que estes parâmetros passaram a ser monitorados somente com a primeira revisão do PMQACH, em janeiro de 2022.

Destacam-se coliformes termotolerantes por apresentar 100% de violação nos dois períodos (chuvoso e seco) e alumínio dissolvido e ferro dissolvido por apresentarem percentual de violação mais elevado no período chuvoso (72,2% e 77,8%, respectivamente) (**Figura 6-159**). Tanto o alumínio quanto o ferro são minerais naturalmente encontrados em rochas e no solo da bacia do rio Doce. Com o aumento da lixiviação no período chuvoso, uma maior quantidade destes minerais é carreada para os corpos d'água, o que pode contribuir para o incremento da concentração destes elementos e consequentemente aumento no percentual

de violação. Cor aparente, cromo total, níquel total e zinco total apresentaram violação somente no período chuvoso, enquanto cádmio total apresentou violação somente no período seco (**Figura 6-159**).

Figura 6-159 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento do município de Galiléia-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



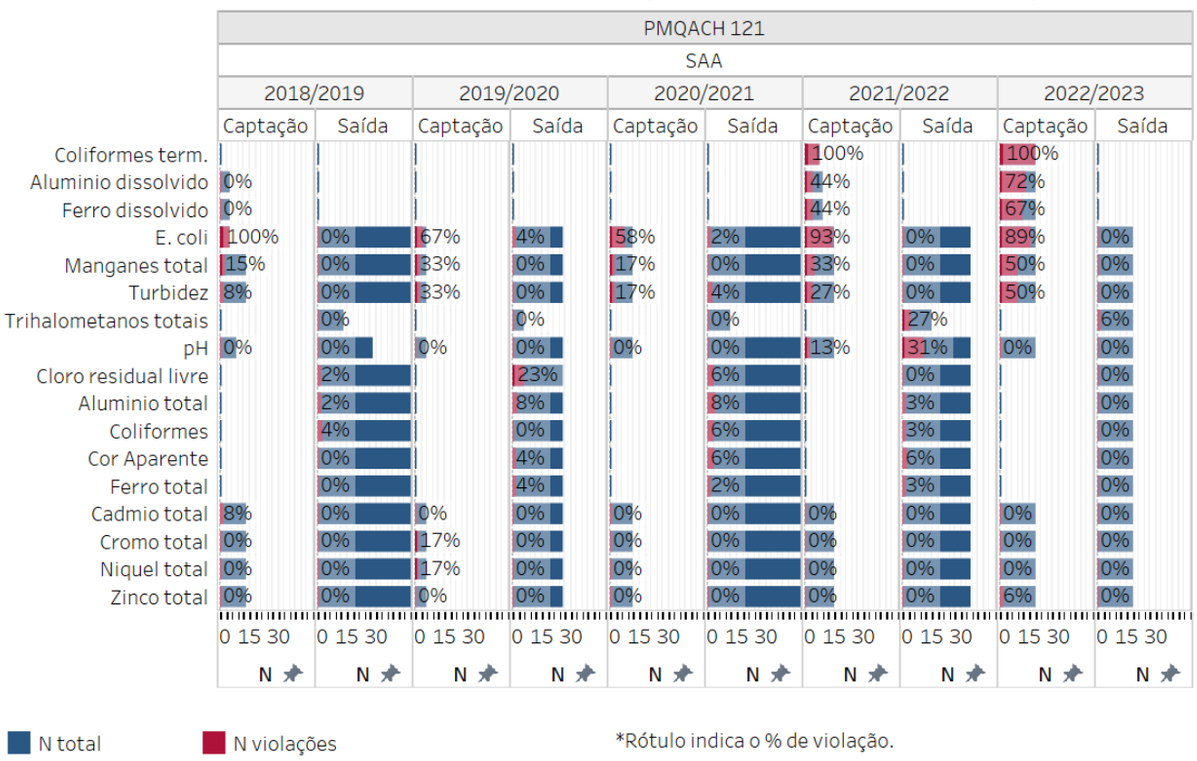
O ponto com tratamento PMQACH 121 apresenta captação superficial e abastecimento tipo SAA.

Na captação do ponto, coliformes registrou 100% de violação em 2022/2023 (18 amostras), mesmo percentual do ciclo anterior (**Figura 6-160**). *E. coli*, registrou 89% de violação em 2022/2023 (16 de 18 amostras), percentual tão elevado quanto o registrado 2021/2022. Foi registrado aumento no percentual de violação em 2022/2023 em relação ao período anterior para os parâmetros alumínio dissolvido (72%, 13 de 18 amostras), ferro dissolvido (67%, 12 de 18 amostras), manganês total (50%, 9 de 18 amostras) e turbidez

(50%, 9 de 18 amostras) (**Figura 6-160**). Zinco total apresentou violação pela primeira vez no monitoramento de forma pontual em 2022/2023 (6%, 1 de 18 amostras) (**Figura 6-160**).

Na saída do ponto apenas o parâmetro trihalometanos registrou violação pontual de 6% (1 de 18 amostras) (**Figura 6-160**).

Figura 6-160 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 121, localizado no município de Galiléia-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

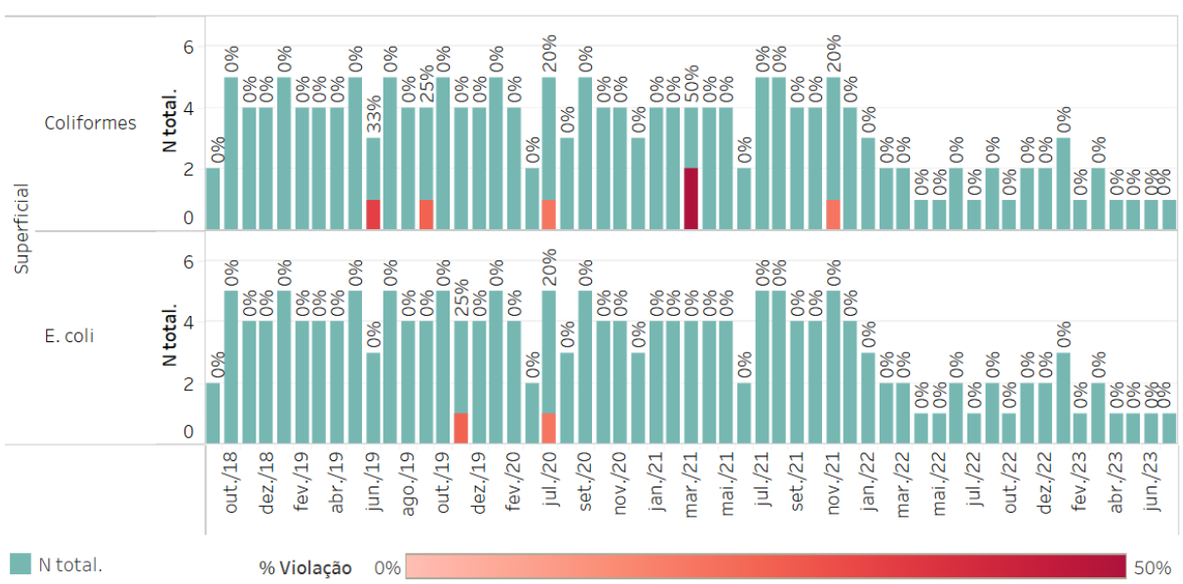


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.17.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída do ponto PMQACH 121 a presença de coliformes e *E. coli* nas amostras foi pontual ao longo dos meses monitorados. Coliformes foi registrado somente em 5 meses (junho e setembro/2019, julho/2020, março e novembro/ 2021), não ultrapassando 50% de amostras no mês com a presença do microrganismo (**Figura 6-161**). *E. coli* foi identificada somente nos meses de novembro/2019 e julho/2020, não ultrapassando 25% de amostras contaminadas no mês. Não foi observado um padrão temporal ou sazonal evidente para estes dois parâmetros durante o monitoramento **(Figura 6-161**).

Figura 6-161 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento, localizados no município de Galiléia-MG, e sua variação entre período chuvoso e seco.



O ponto PMQACH 121 apresentou aumento nos valores de zinco total tanto na captação quanto na saída no período de 2022/2023 ($p < 0,05$) (**Figura 6-162**). De forma pontual, nota-se redução das concentrações de nitrato e sólidos dissolvidos totais na captação e de pH na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-162**). Por outro lado, cloreto total e sódio total apresentaram resultados superiores na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-162**).

Figura 6-162 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Dureza total	Cloreto total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 121	Captação			—				↓	—	↓			↑
	Saída	—	—	—	↑	—	—		↓	—	↑	—	↑

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, bário total e manganês total apresentaram concentrações superiores durante o período chuvoso tanto na captação quanto na saída do ponto PMQACH 121 ($p < 0,05$) (**Figura 6-163**). Na captação, alumínio total, dureza total, ferro total e turbidez também apresentaram concentrações superiores durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-163**). Já durante o período seco, nota-se concentrações mais elevadas de pH tanto na captação como na saída e de sódio total somente na captação do ponto PMQACH 121 ($p < 0,05$) (**Figura 6-163**).

Figura 6-163 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Dureza total	Ferro total	Manganês total	pH	Sódio total	Turbidez
PMQACH 121	Captação	●	●	●	●	●	●	●	●
	Saída		●			●	●		

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

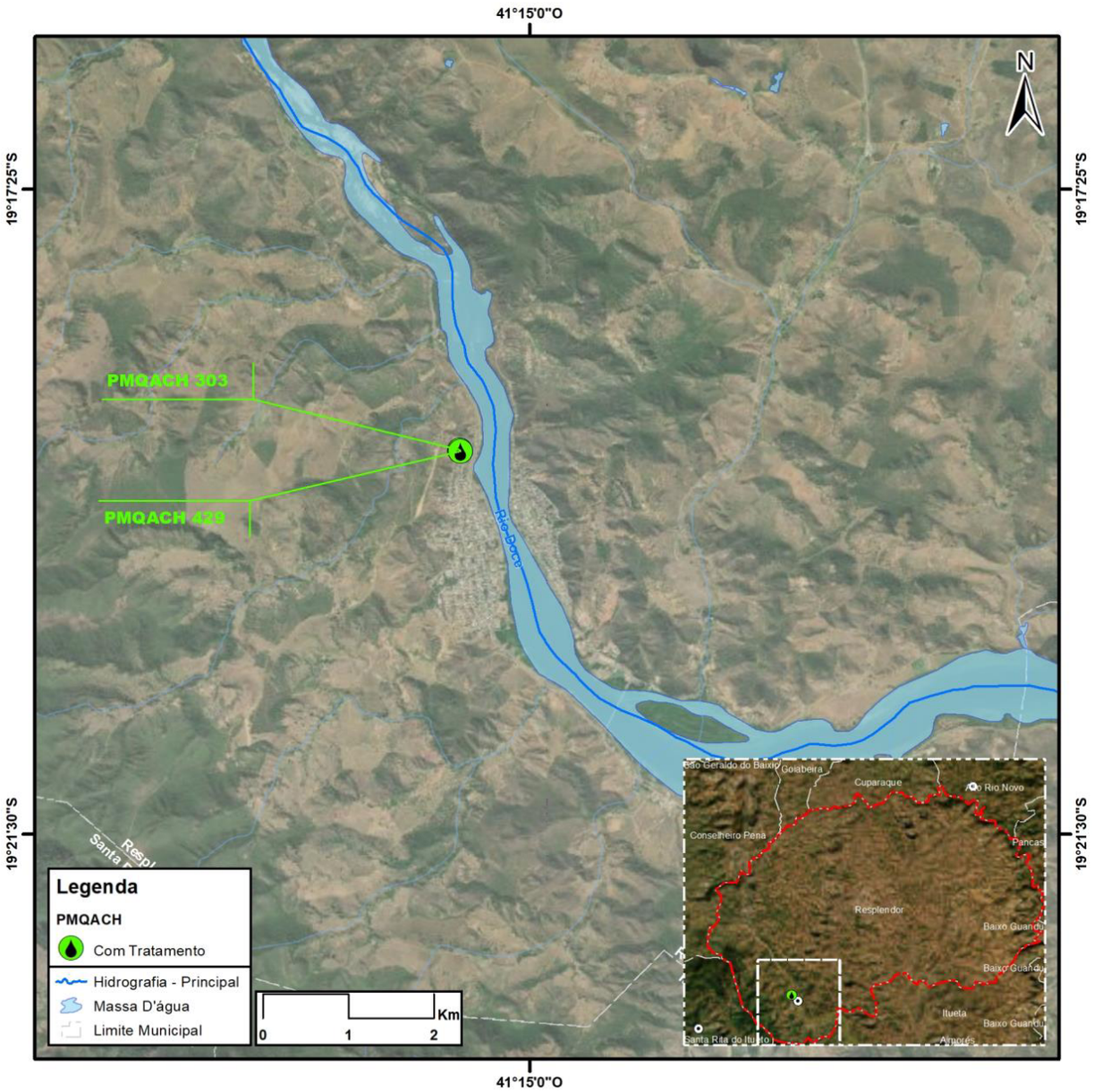
6.18 - Resplendor

No município de Resplendor-MG, foram considerados os 02 (dois) pontos de monitoramento do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) com tratamento de água (**Figura 6-164** e **Quadro 6-18**). Estes pontos se referem a um mesmo sistema, visto que o ponto PMQACH 429 é uma captação alternativa ao ponto PMQACH 303.

Quadro 6-18 - Características dos pontos do município de Resplendor considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 303	Mista	SAA	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 429	Subterrânea	SAA	Sim	Captação	CONAMA n° 396/2008	Ativo

Figura 6-164 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Resplendor-MG.



6.18.1 - Pontos com tratamento

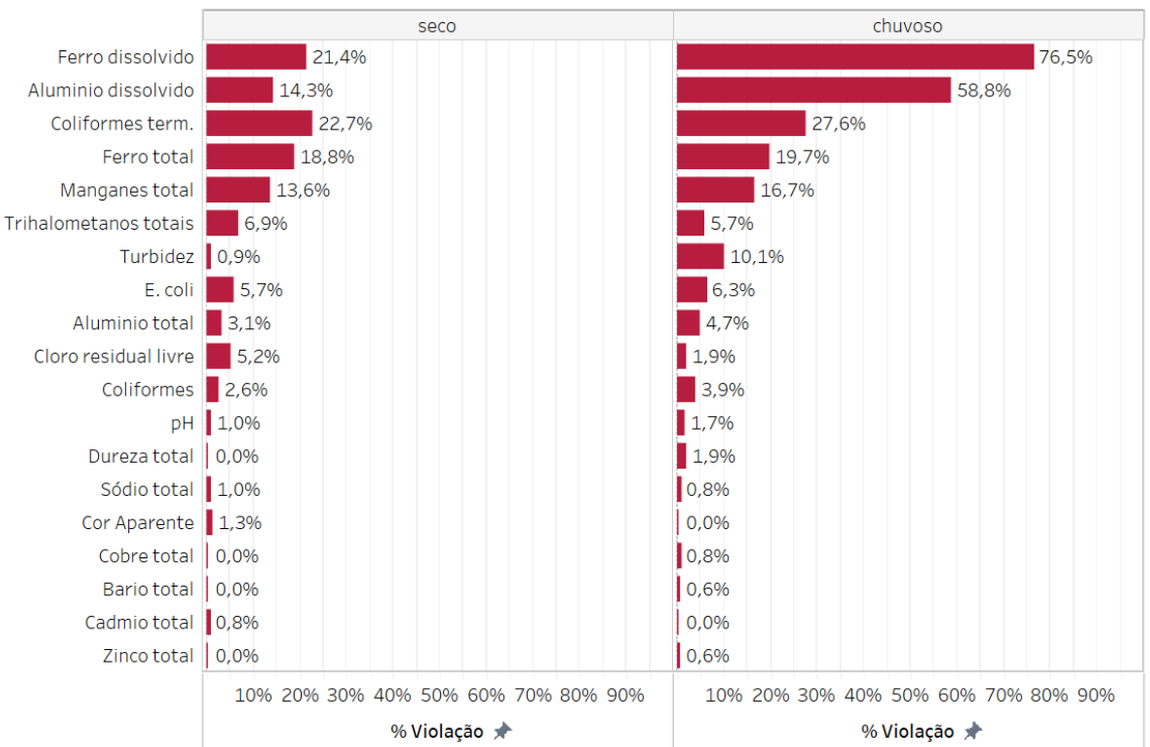
6.18.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Resplendor-MG, ferro dissolvido e alumínio dissolvido foram os parâmetros que apresentaram maiores desconformidades, com pelo menos 50% de violação em um dos períodos sazonais (**Figura 6-165**).

O ferro dissolvido apresentou 21,4% de violação no período seco e 76,5% no período chuvoso. Alumínio dissolvido apresentou 14,3% de violação no período seco e 58,8% no período chuvoso (**Figura 6-165**). Estes metais estão presentes naturalmente em rochas e nos solos da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021), e o aumento do percentual de violação no período chuvoso pode ser explicado pelo aumento da lixiviação e carreamento de partículas ricas em metais para os corpos hídricos.

Quatorze dos dezenove parâmetros que apresentaram desconformidade não ultrapassaram 7% de violação nos dois períodos avaliados (**Figura 6-165**).

Figura 6-165 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento do município de Resplendor-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

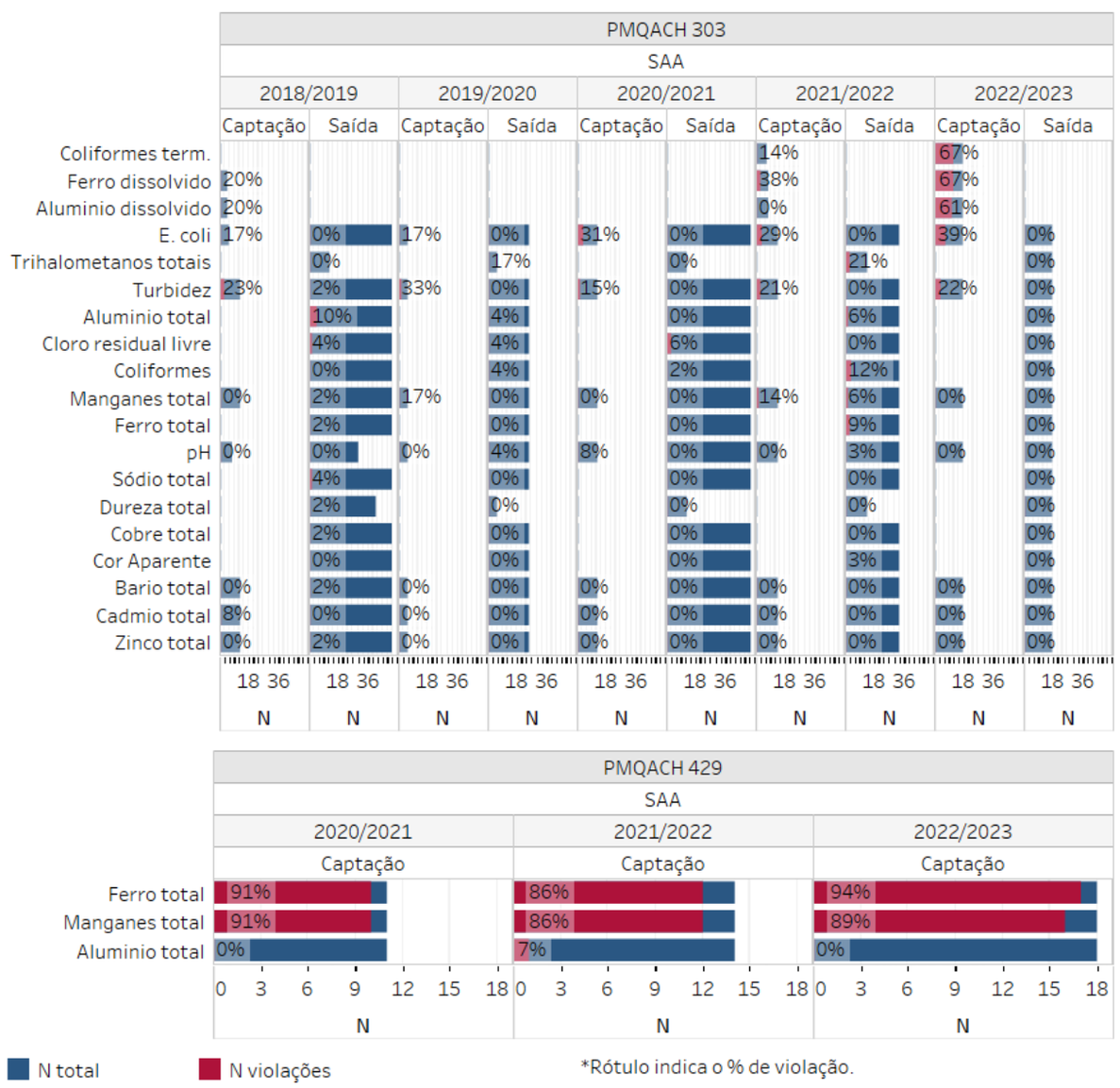


Dois pontos com tratamento foram monitorados, sendo um com captação subterrânea (PMQACH 429) e um com captação mista (PMQACH 303). O ponto PMQACH 429 é uma captação alternativa ao ponto PMQACH 303.

A captação do ponto PMQACH 303, apresentou, em 2022/2023, aumento nos percentuais de violação em relação ao ciclo anterior para os parâmetros coliformes termotolerantes (67%, 12 de 18 amostras), ferro dissolvido (67%, 12 de 18 amostras), alumínio dissolvido (61%, 11 de 18 amostras), *E. coli* (39%, 7 de 18 amostras) e turbidez (22%, 4 de 18 amostras). Não foi verificada nenhuma desconformidade na saída do tratamento (**Figura 6-166**).

Na captação alternativa, ponto PMQACH 429, no ciclo de 2022/2023, foi registrado 94% de violação para ferro total (17 de 18 amostras) e 89% para manganês total (16 de 18 amostras), percentuais tão elevados quanto o do período anterior (**Figura 6-166**).

Figura 6-166 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 303 e PMQACH 429, localizados no município de Resplendor-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

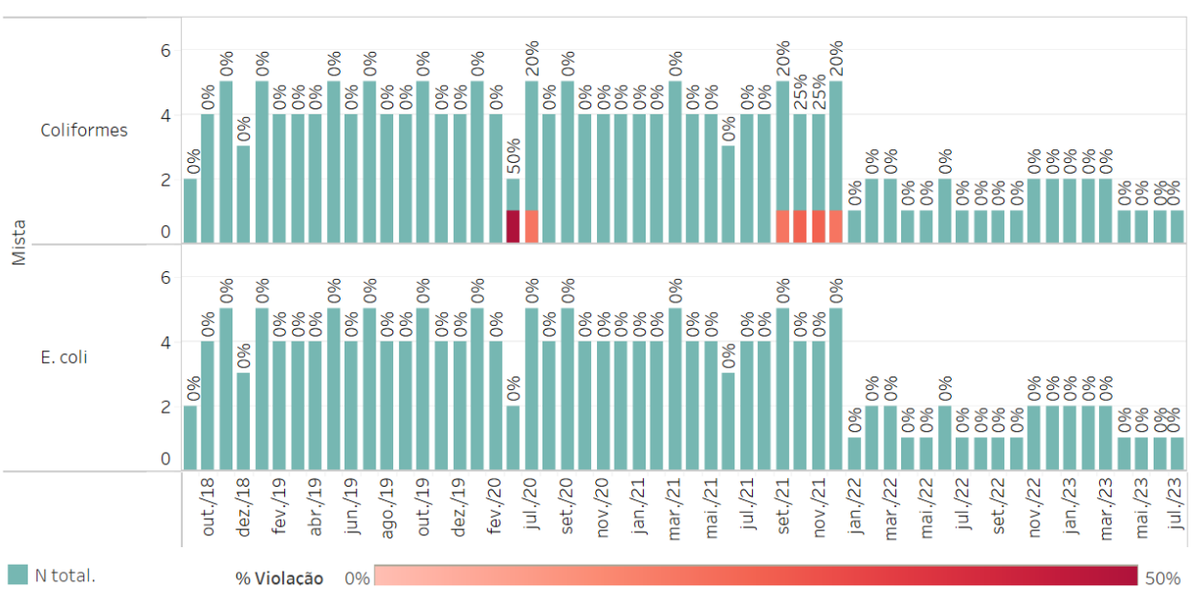


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.18.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída do ponto PMQACH 303, com captação superficial, foi registrada a presença de coliformes nas amostragens analisadas dos meses de março/2020, julho/2020, setembro/2021, outubro/2021, novembro/2021 e dezembro/2021, não ultrapassando 50% de amostras contaminadas. A presença de *E. coli,* por sua vez, não foi detectada em nenhum dos meses analisados neste ponto. Não foi observado um padrão sazonal ou temporal evidente para a presença de coliformes ou *E. coli* no período analisado (**Figura 6-167**) em nenhum dos pontos amostrados em Resplendor-MG.

Figura 6-167 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento, localizados no município de Resplendor-MG.



De modo geral, houve padrões de redução em alguns parâmetros avaliados durante o último período (2022/2023) em comparação com os anos anteriores no município de Resplendor-MG ($p < 0,05$) (**Figura 6-168**). Destacam-se reduções significativas nos parâmetros de cloreto total e sólidos dissolvidos totais, tanto na saída quanto na captação do ponto PMQACH 303. Por sua vez, a dureza total, apresentou redução apenas na captação do ponto PMQACH 303, enquanto nitrato e sólidos dissolvidos totais na captação do ponto PMQACH 429 ($p < 0,05$) (**Figura 6-168**). Em contrapartida, o zinco total registrou concentrações mais elevadas no último período avaliado (2022/2023), tanto na saída quanto na captação do ponto PMQACH 303 ($p < 0,05$) (**Figura 6-168**).

Figura 6-168 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 303	Captação			↓		↓			—		—	↓		↑
	Saída	—	—	↓			—	—	—	—	—	↓	—	↑
PMQACH 429	Captação			—		—		—	↓		—	↓		

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvoso e seco, destaca-se a captação do ponto PMQACH 303 que apresentou diversos parâmetros com maiores concentrações durante o período chuvoso, especificamente o alumínio total, bário total, dureza total, ferro total, manganês total e turbidez ($p < 0,05$) (**Figura 6-169**). Na saída deste mesmo ponto, bário total também apresentou concentração mais elevada durante o período chuvoso enquanto alumínio e sódio total durante o período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-169**). Na captação do ponto PMQACH 429 nota-se pontualmente, aumento na concentração de pH no período seco do último ciclo avaliado (2022/2023) quando comparado aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-169**).

Figura 6-169 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Dureza	Ferro total	Manganês total	pH	Sódio total	Turdidez
PMQACH 303	Captação	●	●	●	●	●			●
	Saída	●	●					●	
PMQACH 429	Captação						●		

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.19 - Itueta

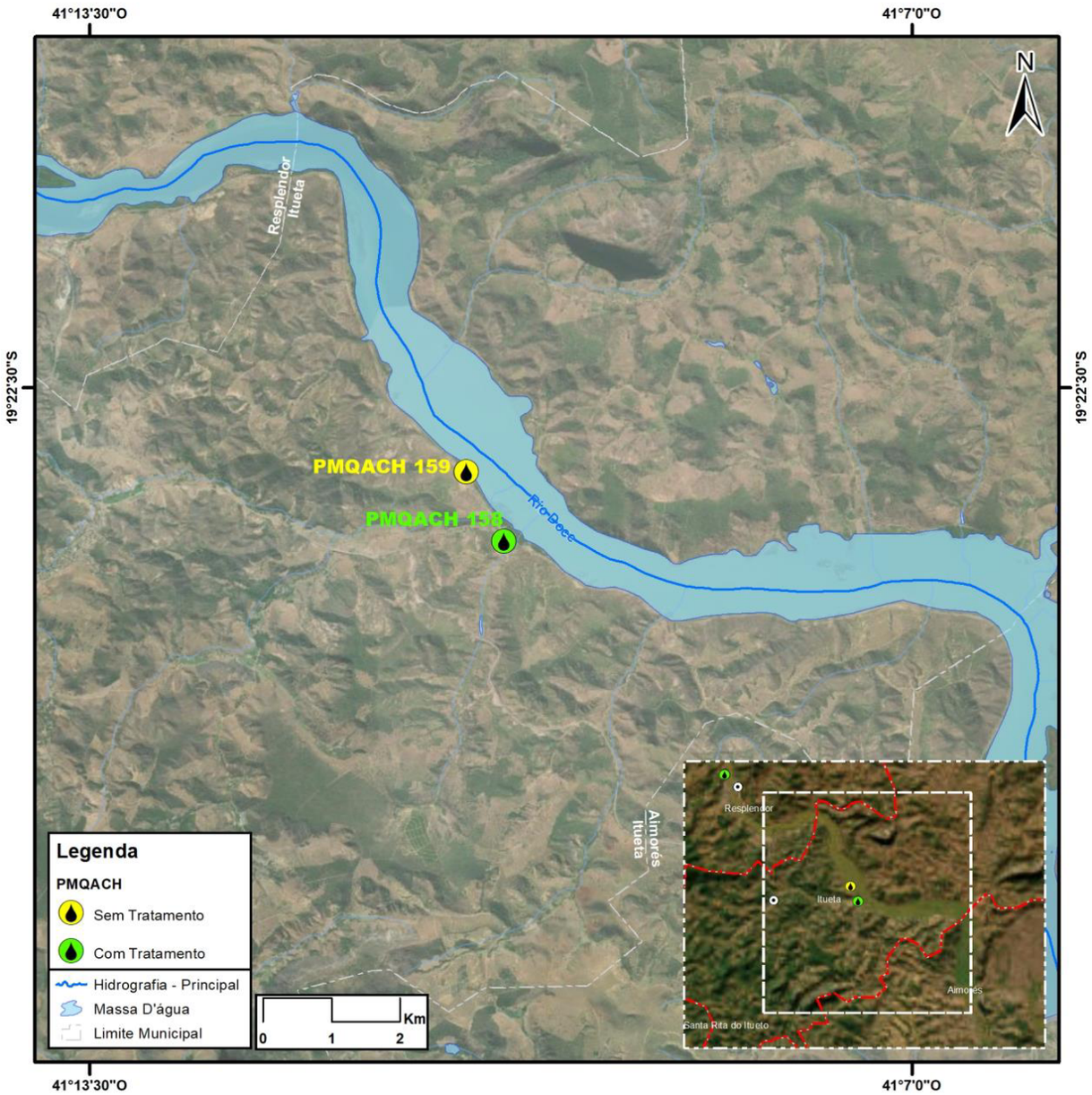
No município de Itueta-MG, foram considerados dois (02) pontos de monitoramento, sendo um com tratamento de água do tipo Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e um sem tratamento de água do tipo Solução Alternativa Individual (SAI) (**Figura 6-170** e **Quadro 6-19**).

Quadro 6-19 - Características do ponto do município de Itueta considerado no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 158	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 159 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/08/2022

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-170 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Itueta-MG.



6.19.1 - Pontos sem tratamento

6.19.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Itueta-MG coliformes e cloro residual livre foram os parâmetros que apresentaram os maiores percentuais de violação em ambos os períodos sazonais (acima de 90%) **(Figura 6-171**).

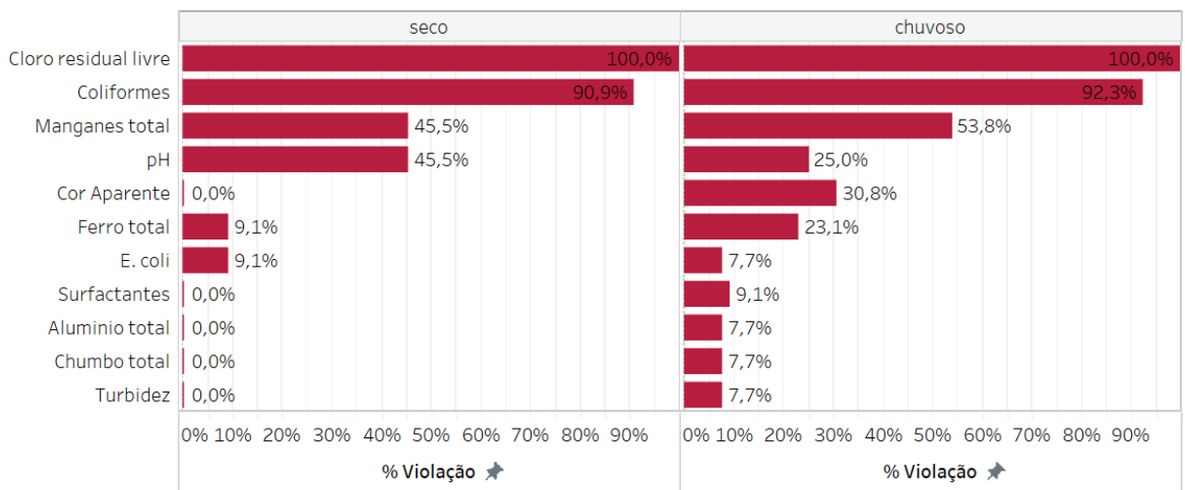
Cloro residual livre apresentou 100% de violação tanto para o período seco quanto para o período chuvoso (**Figura 6-171**). Reforça-se, no entanto, que a partir de janeiro/2022 com a primeira revisão bianual do PMQACH, o parâmetro cloro residual livre deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais observados referem-se ao período anterior a esta revisão. De maneira geral, o cloro residual livre violou o limite inferior legal, devido às baixas concentrações ou até mesmo ausência, o que é esperado em pontos sem tratamento de água. Por ser empregado nos processos de tratamento de água e ser eficiente para a remoção de microrganismos (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI *et al*., 2013), a ausência de adição de cloro explica os elevados percentuais de violação de coliformes (90,9% no período seco e 92,3% no período chuvoso) (**Figura 6-171**).

No município de Itueta, o percentual de esgotamento sanitário é de 55,7% (IBGE 2010). Comparativamente com outros municípios do estado de Minas Gerais (total de 853 municípios), Itueta ocupa a 509ª posição na ordem de municípios com mais esgotamento sanitário adequado (a 1ª posição é a que apresenta maior parte do município com esgotamento sanitário adequado). A ausência de tratamento adequado do esgoto sanitário em quase metade do munícipio ajuda a explicar a contaminação por coliformes e *E. coli*, dois parâmetros indicados como prioritários para gestão na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021).

Os parâmetros *E. coli*, surfactantes, alumínio total, chumbo total e turbidez apresentaram violação abaixo de 10% para ambos os períodos chuvosos e secos (**Figura 6-171**). Com exceção de *E. coli*, esses parâmetros apresentaram violação somente para o período chuvoso. Além destes, observa-se ainda influência do período sazonal para os

parâmetros cor aparente e ferro total, em que os percentuais de violação foram mais elevados no período chuvoso em relação ao período seco (**Figura 6-171**). Estes parâmetros estão associados ao aumento de suas concentrações em corpos hídricos em períodos de maior pluviosidade quando ocorre a lixiviação e carreamento de partículas.

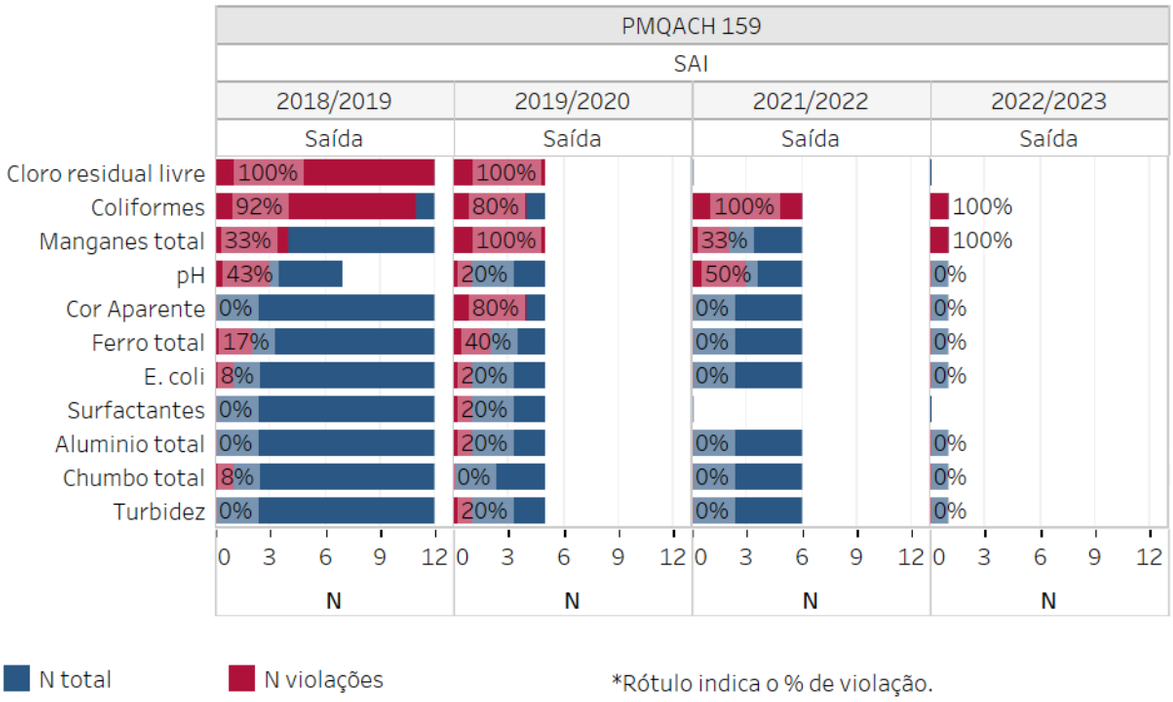
Figura 6-171 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Itueta-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



No município de Itueta, foi avaliado um ponto sem tratamento, PMQACH 159, com captação subterrânea e abastecimento do tipo SAI.

Na única amostragem feita no ciclo de 2022/2023 neste ponto, coliformes registrou 100% de violação (1 amostras), tal como no ciclo anterior. Manganês total também apresentou desconformidade na única amostragem do período (100%), resultado que supera os 33% do ciclo anterior. Todos os demais parâmetros estiveram em conformidade no ciclo de 2022/2023 (**Figura 6-172**).

Figura 6-172 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 159, localizado no município de Itueta-MG, entre setembro/2018 e julho/202 com base nos limites aplicáveis.

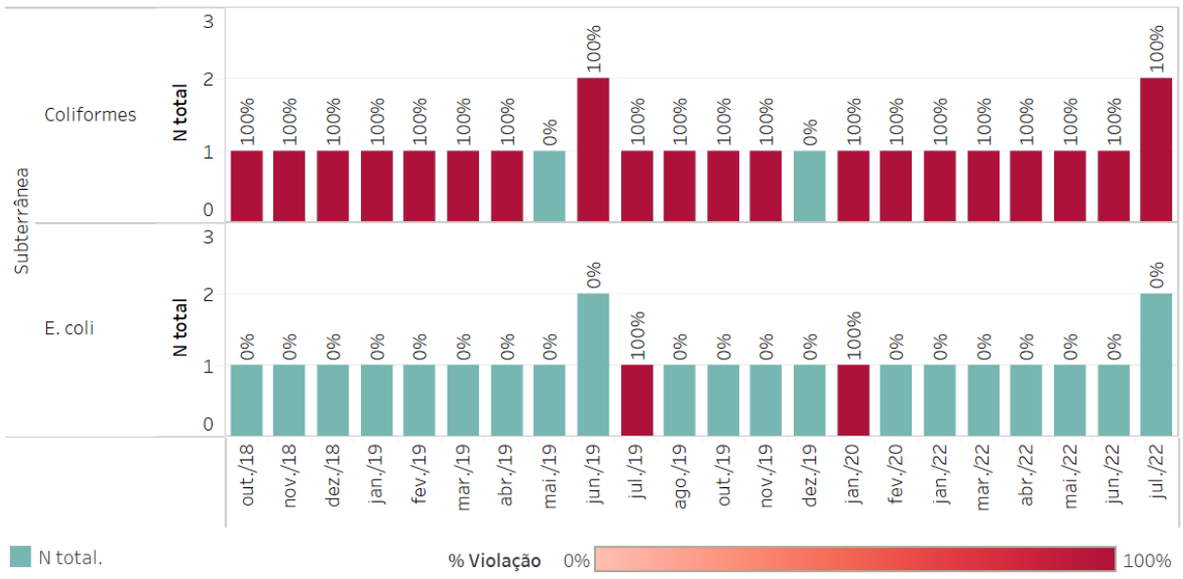


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.19.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

No ponto PMQACH 159, a presença de coliformes foi registrada em todos os meses com exceção de maio e dezembro/2019. *E. coli*, por outro lado somente foi registrada em dois meses (julho/2019 e janeiro/2020. Não foi possível observar um padrão sazonal ou temporal evidente para presença de coliformes ou *E. coli* no período analisado (**Figura 6-173**).

Figura 6-173 - Série histórica dos resultados qualitativos da presença de coliformes totais e *E. coli* e percentuais de violação em captação subterrânea, no município de Itueta.



No município de Itueta, no ciclo 2022/2023 o ponto PMQACH 159 foi monitorado apenas uma vez, não sendo possível analisar as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, sólidos dissolvidos totais e manganês total apresentaram resultados superiores durante o período chuvoso e dureza total durante o período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-174**).

Figura 6-174 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Dureza total	Manganês total	SDT
PMAQCH 159	●	●	●

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

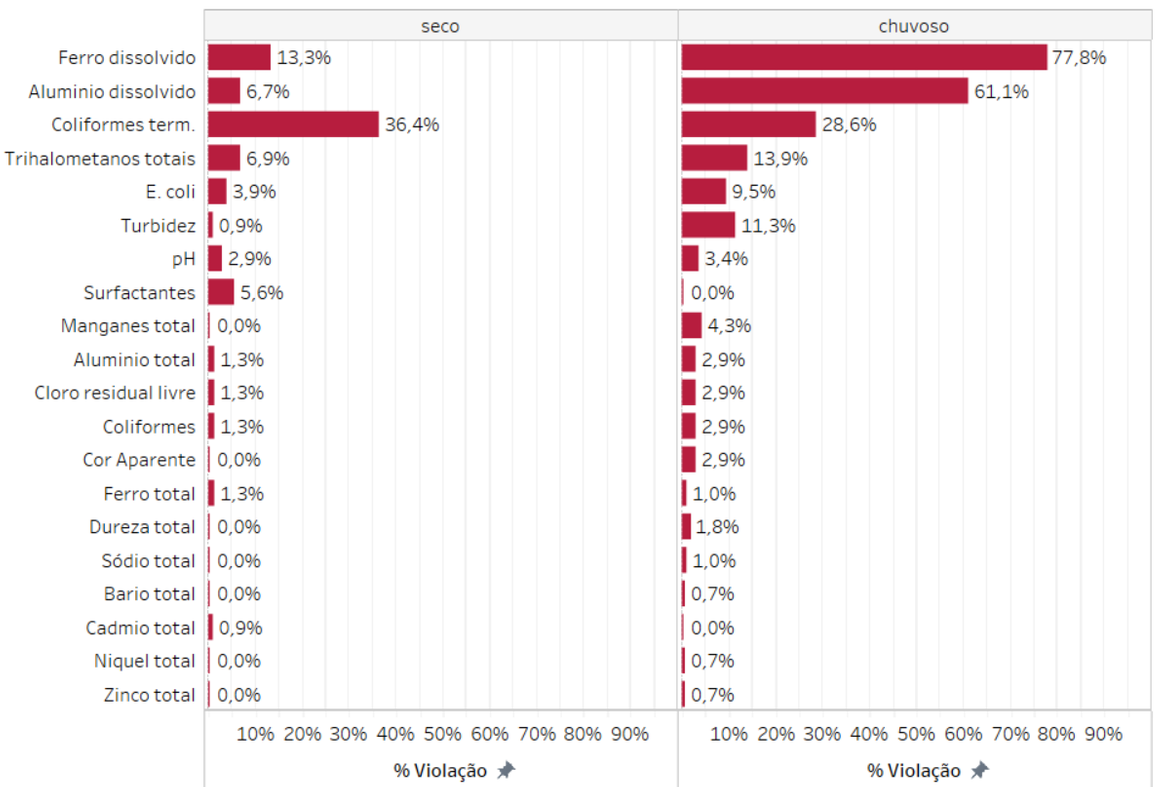
6.19.2 - Pontos com tratamento

6.19.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

No ponto com tratamento do município de Itueta destacam-se os parâmetros ferro dissolvido e alumínio dissolvido por apresentarem percentual de violação mais elevado no período chuvoso (77,8% e 61,1%, respectivamente) (**Figura 6-175**). Tanto o alumínio quanto o ferro são minerais naturalmente encontrados em rochas e no solo da bacia do rio Doce. Com o aumento da lixiviação no período chuvoso, uma maior quantidade destes minerais é carreada para os corpos d'água, o que pode contribuir para o incremento da concentração destes elementos e consequentemente aumento no percentual de violação.

Trihalometanos, *E. coli* e turbidez também apresentaram maiores percentuais de violação no período chuvoso. Coliformes termotolerantes apresentou percentual de violação ligeiramente mais elevado no período seco (36,4%) em relação ao chuvoso (28,6%) (**Figura 6-175**). Demais parâmetros não ultrapassaram 6% de violação no período chuvosos e seco (**Figura 6-175**)

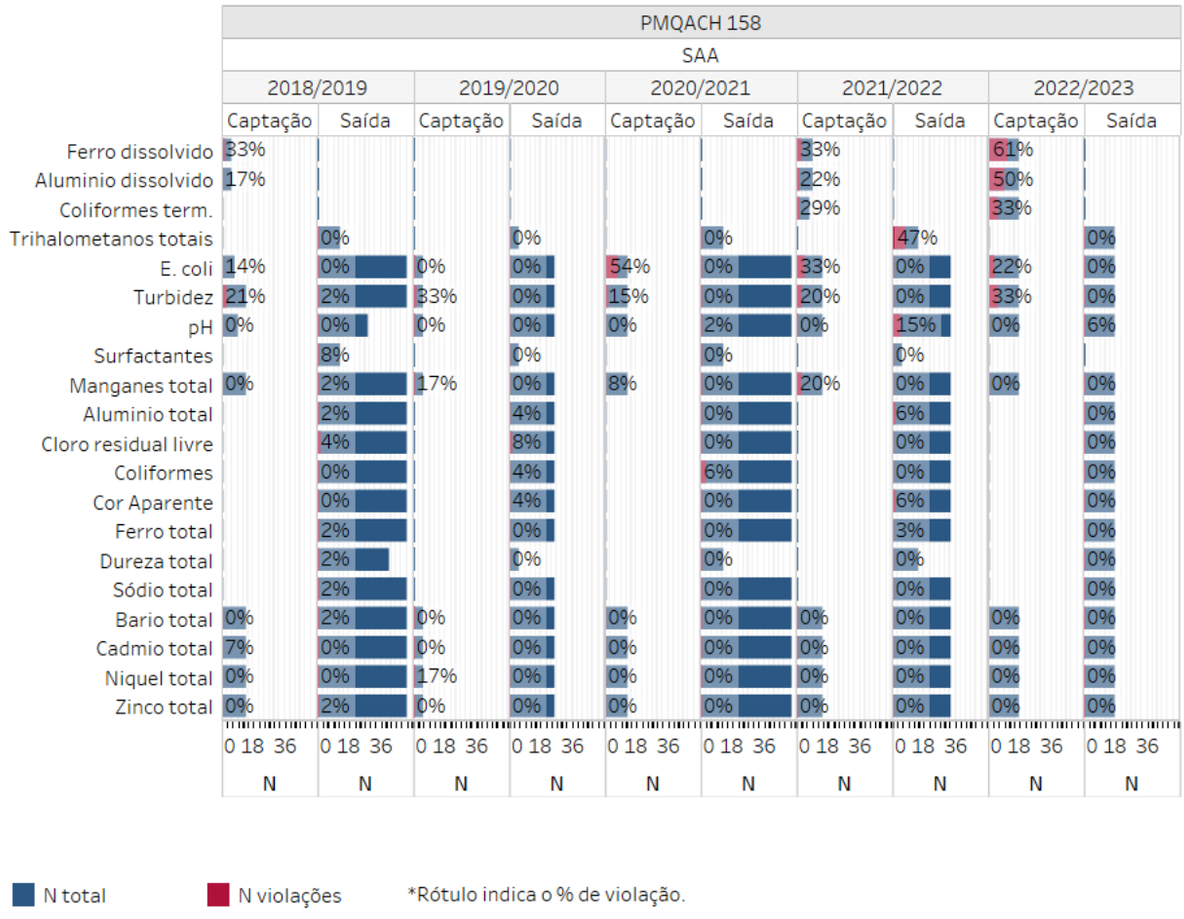
Figura 6-175 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Itueta-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis.



O ponto PMQACH 158 apresenta abastecimento tipo SAA e captação superficial.

No ciclo de 2022/2023 foi observado aumento no percentual de violação na captação dos parâmetros ferro dissolvido (61%, 11 de 18 amostras), alumínio dissolvido (50%, 9 de 18 amostras), coliformes termotolerantes (33%, 6 de 18 amostras), e turbidez (33%, 6 de 18 amostras) (**Figura 6-176**). Pequena redução foi registrada para *E. coli* (22%, 4 de 18 amostras) (**Figura 6-176**). Na saída do tratamento apenas pH registrou violação pontual em apenas 1 das 18 amostras do ciclo de 2022/2023 (6% de violação) (**Figura 6-176**).

Figura 6-176 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 158, localizado no município de Itueta-MG, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

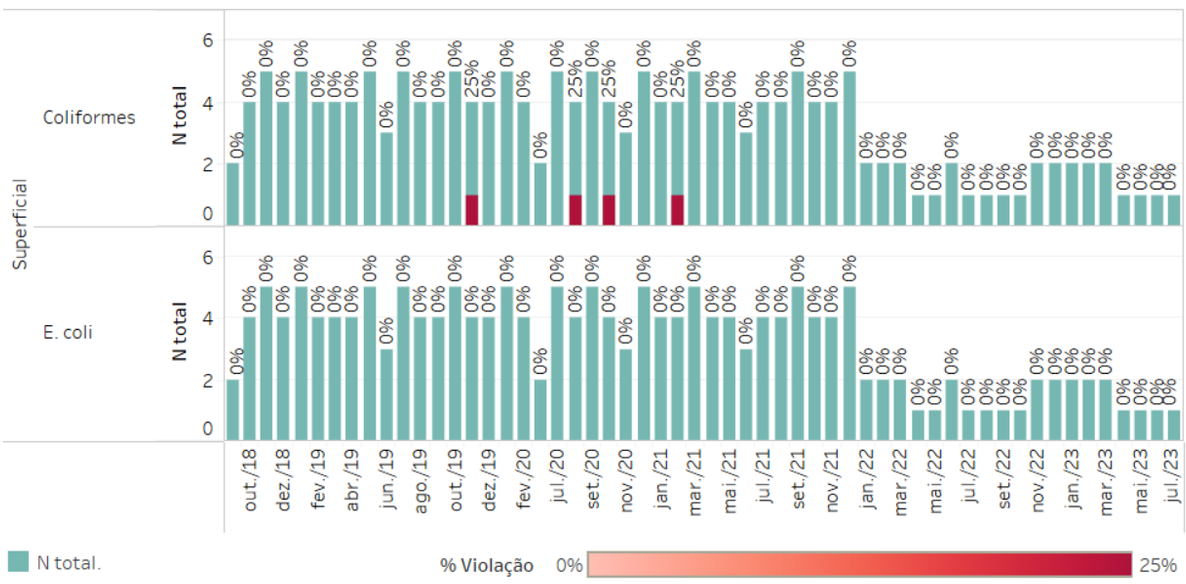


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.19.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída do ponto com tratamento PMQACH 158 *E. coli* e coliformes totais apresentaram resultados predominantemente em conformidade com a legislação ao longo de todo monitoramento, havendo violação para coliformes somente nos meses de novembro/2019, agosto e outubro/2020 e fevereiro de 2021. *E. coli* apresentou conformidade ao longo de todo monitoramento (**Figura 6-177**). Não foi encontrado um padrão temporal ou sazonal evidente ao longo dos meses avaliados (**Figura 6-177**).

Figura 6-177 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída do ponto PMQACH 158, localizado no município de Itueta.



Para os demais parâmetros, diversos resultados foram significativos temporalmente, ou seja, com reduções ou aumentos entre os anos avaliados ($p < 0,05$) (**Figura 6-178**). Quando avaliada as diferenças temporais em relação ao último período avaliado (2022/2023), na saída do ponto PMQACH 158, nota-se uma redução nas concentrações de dureza total, manganês total, pH, sódio total, turbidez e sólidos dissolvidos totais, sendo este último também observado na captação. Já em relação aos parâmetros que apresentaram aumento em 2022/2023, observa-se ferro e zinco total na captação e cor aparente na saída do ponto PMQACH 158 (**Figura 6-178**).

Figura 6-178 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 158	Captação					—	↑		—	—		↓		↑
	Saída	—			↑	↓	—	↓	—	↓	↓	↓	↓	—

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, os parâmetros apresentaram valores superiores durante o período chuvoso no ponto PMQACH 158, especialmente na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-179**). Os parâmetros turbidez, alumínio, bário, ferro, manganês e sódio total demonstraram aumento durante o período chuvoso na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-179**). Enquanto bário total foi o único parâmetro que apresentou valores superiores durante o período chuvoso na saída do ponto PMQACH 158 ($p < 0,05$) (**Figura 6-179**).

Figura 6-179 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Ferro total	Manganês total	Sódio total	Turdidez
PMQACH 158	Captação	●	●	●	●	●	●
	Saída		●				

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

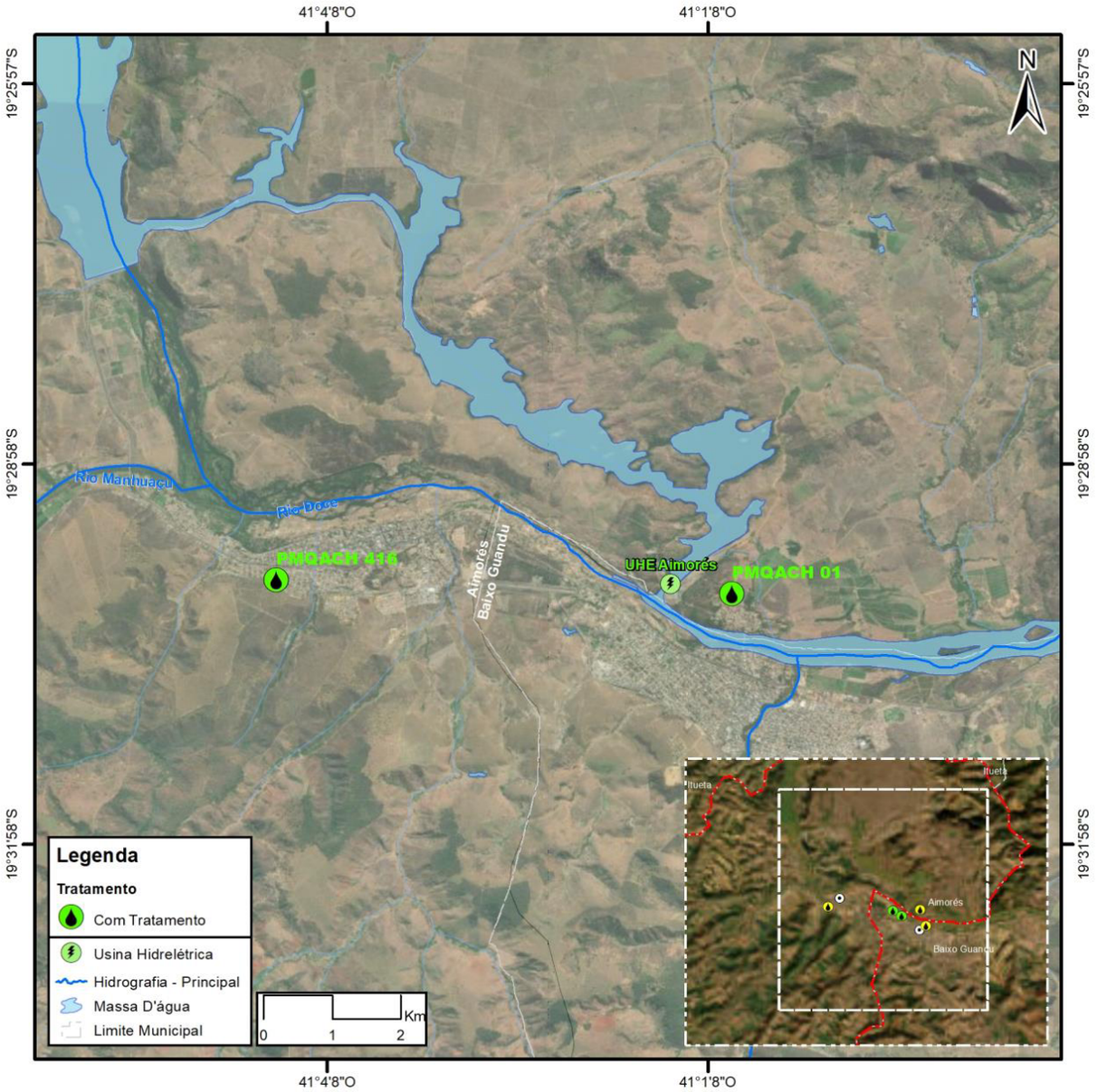
6.20 - Aimorés

No município de Aimorés-MG, foram considerados dois pontos que possuem tratamento de água e são do tipo Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) (**Figura 6-180** e **Quadro 6-20**). Estes pontos representam um sistema único, sendo o ponto PMQACH 416 a captação do ponto PMQACH 01.

Quadro 6-20 - Características dos pontos do município de Aimorés considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 01	Superficial	SAA	Sim	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 416	Superficial	SAA	Sim	Captação	CONAMA n° 357/2005	Ativo

Figura 6-180 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Aimorés-MG.



6.20.1 - Pontos com tratamento

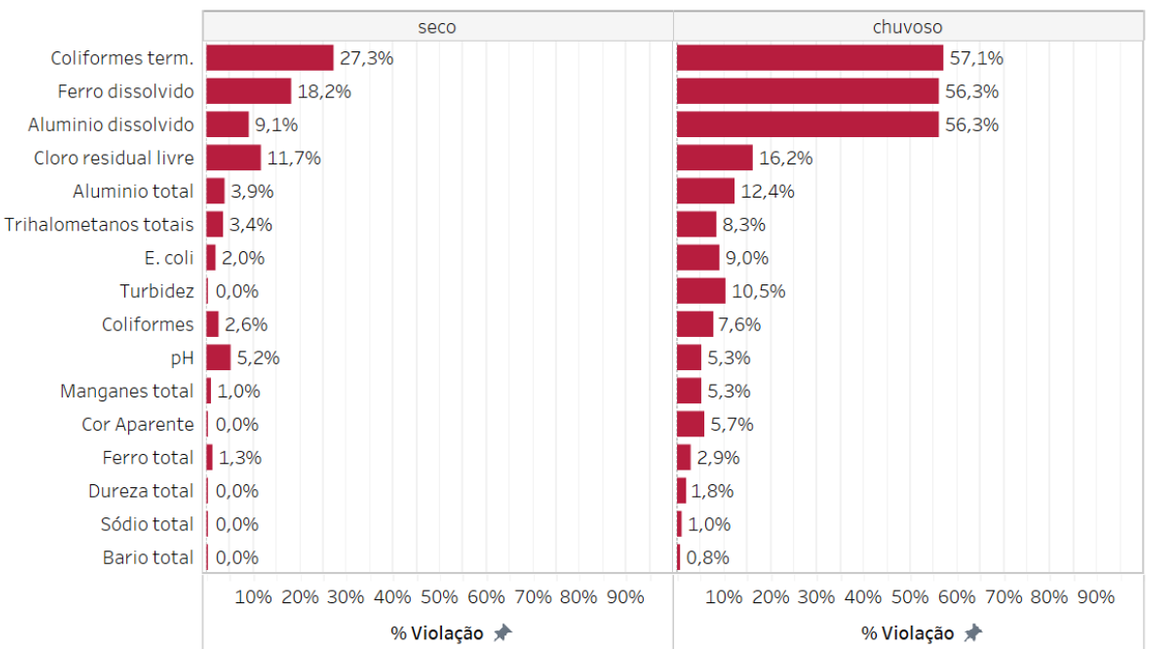
6.20.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Aimorés-MG, os parâmetros mais relevantes foram coliformes termotolerantes e alumínio dissolvido e ferro dissolvido, com mais de 55% de violação no período chuvoso (**Figura 6-181**). Ressalta-se que estes parâmetros, no entanto, passaram a ser monitorados após a primeira revisão bianual do PMQACH, em janeiro de 2022.

O ferro e o alumínio são naturalmente encontrados em rochas e nos solos da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). Devido ao aumento da lixiviação causada pelo maior volume de chuvas, uma maior quantidade destes elementos é carreada para corpos hídricos. O mesmo pode ocorrer com coliformes, com a inundação de áreas adjacentes em períodos de maior ocorrência de chuva.

No geral, os percentuais desconformes dos demais parâmetros foram baixos, com violações inferiores a 20% para os dois períodos (chuvoso e seco). Turbidez (10,5%), cor aparente (5,7%), dureza total (1,8%), sódio total (1%) e bário total (0,8%) violaram os limites legais somente no período chuvoso (**Figura 6-181**).

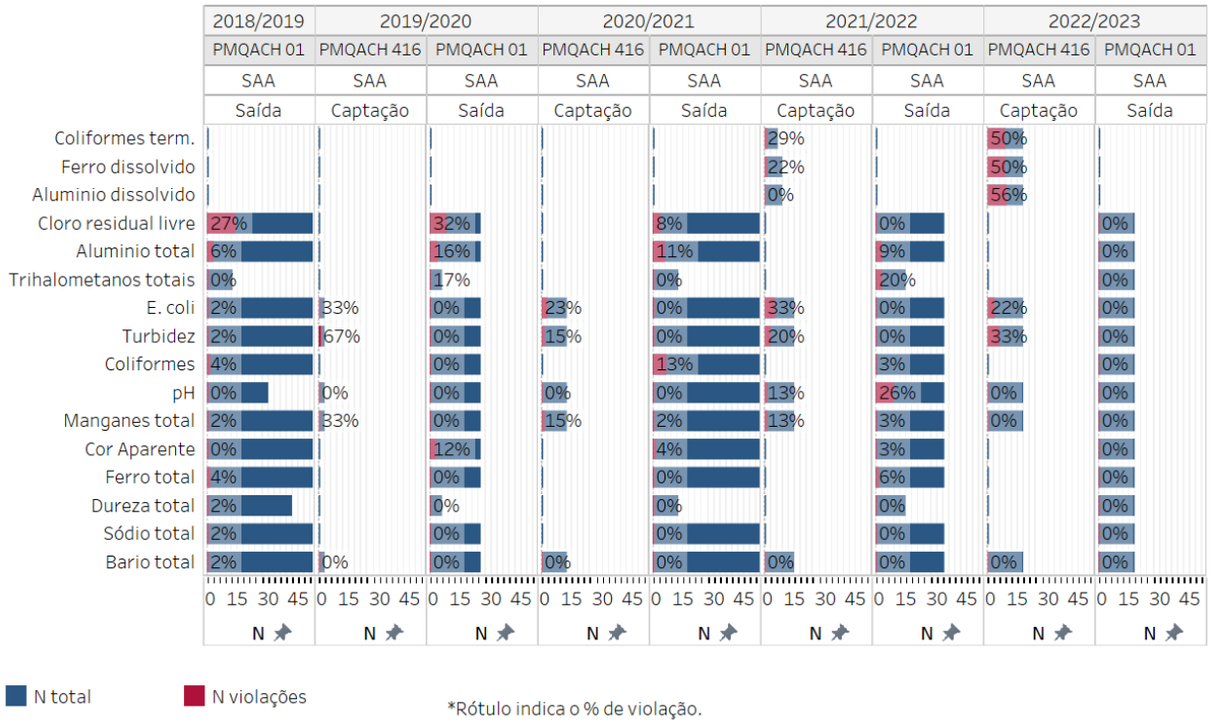
Figura 6-181- Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento do município de Aimorés-MG no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Dois pontos que pertencem ao mesmo sistema de abastecimento foram monitorados no município de Aimorés-MG. Ambos possuem captação superficial e abastecimento tipo SAA. O ponto PMQACH 416 é o local de captação do ponto PMQACH 01.

Na captação, ponto PMQACH 416, observou-se, em 2022/2023, aumento nos percentuais de violação para coliformes (50%, 9 de 18 amostras), ferro dissolvido (50%, 9 de 18 amostras), alumínio dissolvido (56%, 10 de 18 amostras) e turbidez (33%, 6 de 18 amostras) (**Figura 6-182**). Pequena redução foi observada para *E. coli* em 2022/2023 (22%, 4 de 18 amostras), em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-182**). Na saída do ponto, PMQACH 01, não foram registradas desconformidades para nenhum parâmetro monitorado nas 18 amostragens realizadas no ciclo de 2022/2023 (**Figura 6-182**).

Figura 6-182 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 416 e PMQACH 01 localizados no município de Aimorés-MG entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

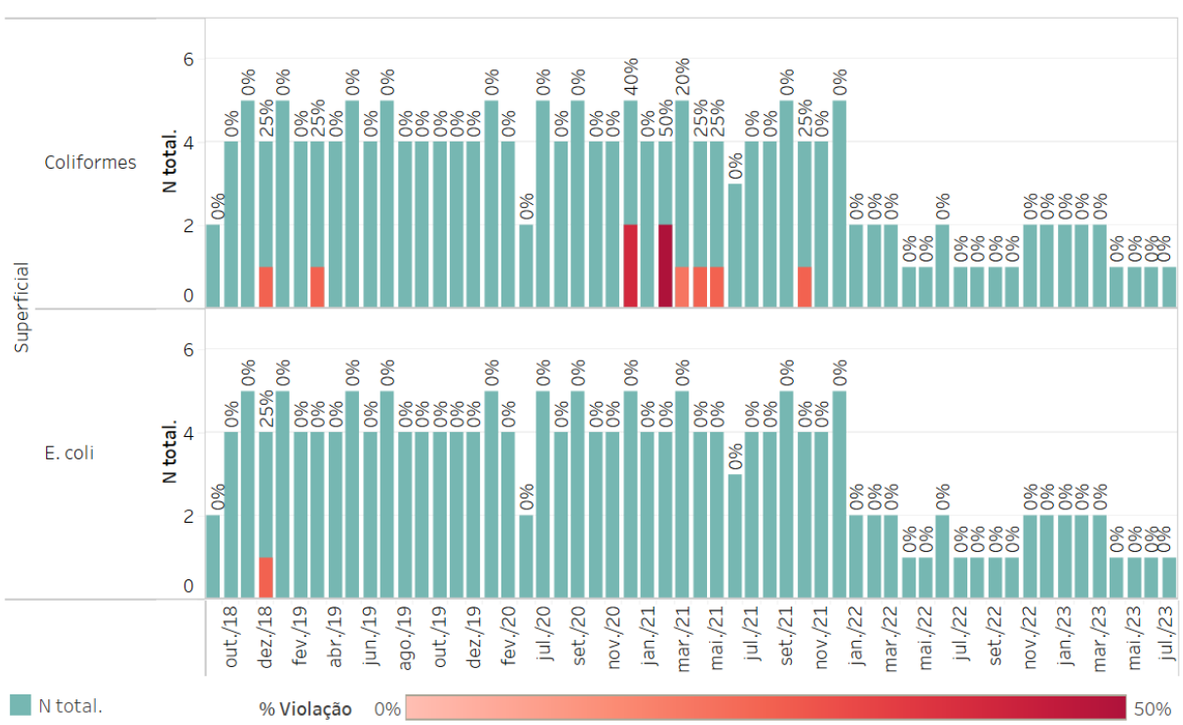


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.20.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída do ponto PMQACH 01, a presença de coliformes e *E. coli* foi identificada apenas em alguns meses monitorados. A presença de coliformes não excedeu 50% de amostras no mês, sendo registrado apenas em dezembro/2018, março/2019, dezembro/2020, fevereiro/2021, março/2021, abril/2021, maio/2021 e outubro/2021 (**Figura 6-183**). A presença de *E. coli* foi registrada apenas em dezembro/2018 (25% das amostras do mês com a presença do contaminante) (**Figura 6-183**). Não foi observado um padrão temporal ou sazonal para coliformes e *E. coli* (**Figura 6-183**).

Figura 6-183 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída do ponto com tratamento localizado no município de Aimorés- MG.



Os pontos PMQACH 01 e PMQACH 416 apresentaram, em geral, padrões de redução no último período avaliado (2022/2023) ($p < 0,05$) (**Figura 6-184**). Parâmetros que apresentaram valores inferiores no último período na saída foram pH, sólidos dissolvidos totais e turbidez. Já na captação foram dureza total e sólidos dissolvidos totais ($p < 0,05$)

(**Figura 6-184**). Por outro lado, cor aparente apresentou padrão de aumento na saída (PMQACH 01) ($p < 0,05$) (**Figura 6-184**).

Figura 6-184 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 01	Saída	—	—	↑	—	—	—	↓	—	↓	↓	—
PMQACH 416	Captação				↓			—		↓		

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, observam-se, predominantemente, concentrações mais elevadas durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-185**). Os parâmetros que apresentaram concentrações significativamente superiores durante o período chuvoso foram dureza total e turbidez na saída (PMQACH 01) e alumínio, manganês e zinco total na captação (PMQACH 416). Bário total também apresentou concentrações mais elevadas durante o período chuvoso em ambos os pontos. Já no período seco, nota-se pontualmente, maiores concentrações de sódio total no ponto PMQACH 416 (saída) ($p < 0,05$) (**Figura 6-185**).

Figura 6-185 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Dureza total	Manganês total	Sódio total	Turdidez	Zinco total
PMQACH 01	Saída		●	●			●	
PMQACH 416	Captação	●	●		●	●		●

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.21 - Baixo Guandu

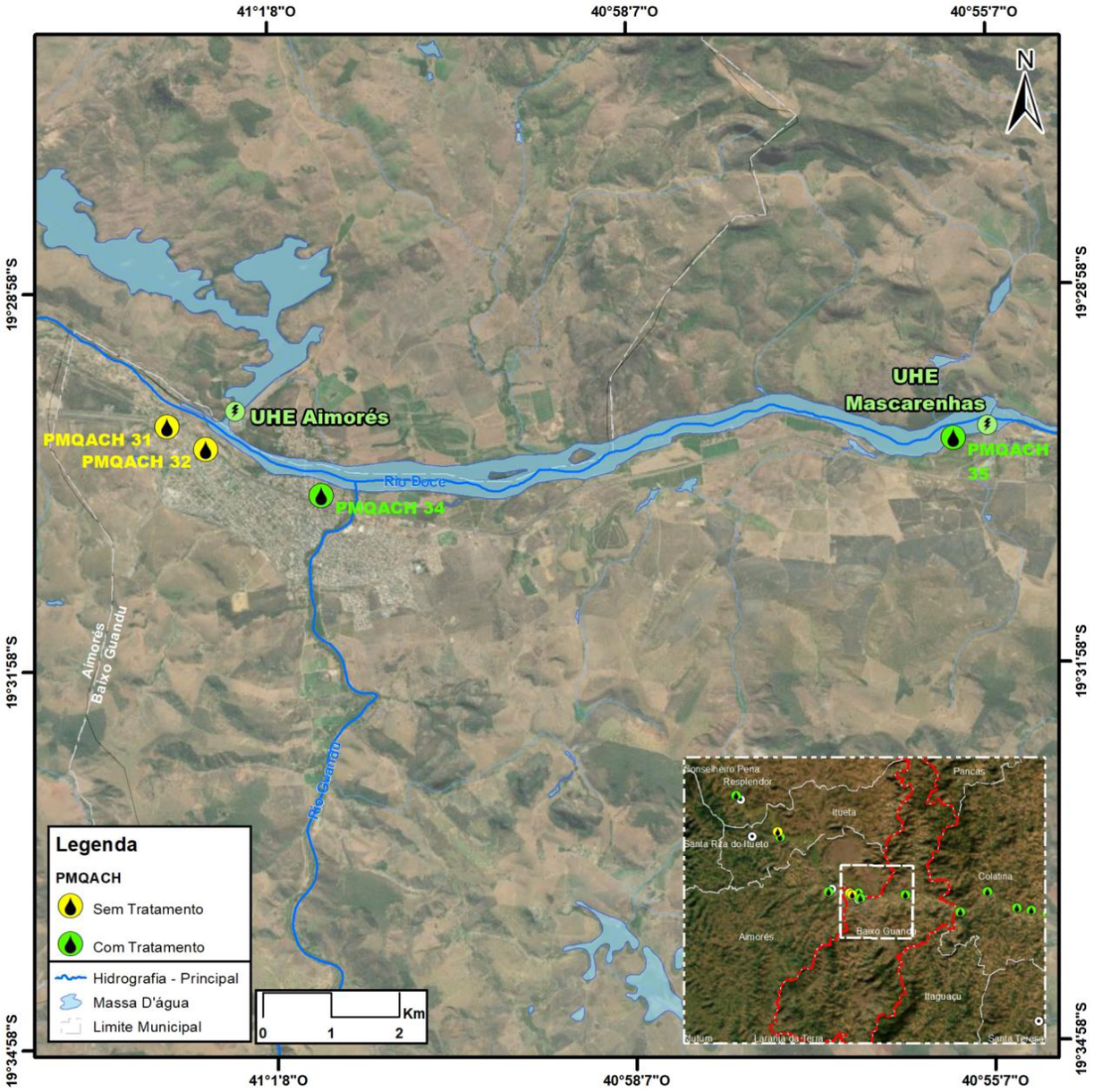
No município de Baixo Guandu-ES, foram considerados os 04 (quatro) pontos de monitoramento. Dois deles possuem tratamento de água e são do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA). Os demais não possuem tratamento de água e são do tipo Solução Alternativa Individual (SAI) (**Figura 6-186** e **Quadro 6-21**).

Quadro 6-21 - Características dos pontos do município de Baixo Guandu considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 31 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/11/2022
PMQACH 32 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/12/2022
PMQACH 34	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 35	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-186 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Baixo Guandu-ES.



6.21.1 - Pontos sem tratamento

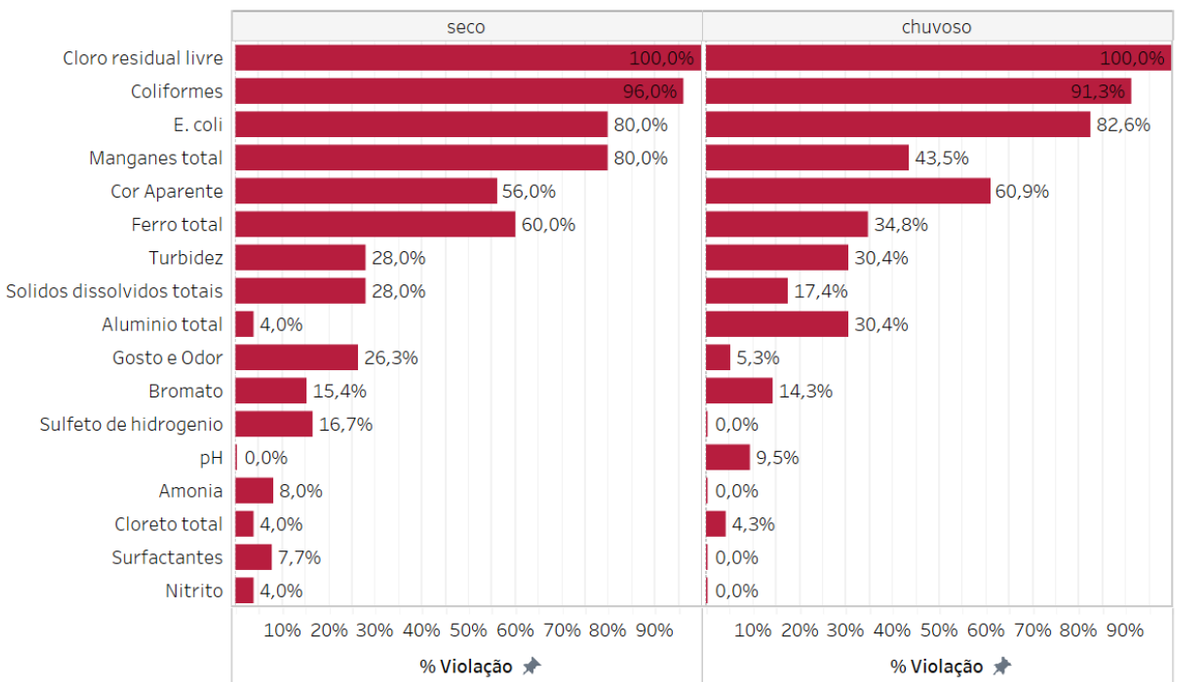
6.21.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para os pontos sem tratamento no município de Baixo Guandu-ES, cloro residual livre apresentou 100% de violação dos limites legais em ambos os períodos chuvosos e secos (**Figura 6-187**). Nesse caso, as violações foram dos limites inferiores estabelecidos no Anexo XX da PRC nº 5/2017 o que era esperado, dado que os pontos monitorados em questão não apresentam tratamento de água. Reforça-se, no entanto que, a partir de janeiro/2022, com a primeira revisão bianual do PMQACH, o parâmetro cloro residual livre deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais observados referem-se ao período pretérito a esta revisão.

Nesse município, 77,7% dos domicílios possuem esgotamento sanitário adequado. Comparado com outros municípios do estado, Baixo Guandu ocupa a 11ª posição entre os municípios do estado com esgotamento sanitário adequado de um total de 78 municípios (a 1ª posição corresponde ao município com a maior taxa de esgotamento sanitário adequado). Apesar do percentual relativamente elevado de esgotamento sanitário adequado para esse município, as contaminações por coliformes e *E. coli* nos pontos monitorados são altas. A ausência de uma concentração mínima aceitável de cloro, composto utilizado para desinfecção (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI *et al*., 2013), permite a contaminação da água por coliformes e *E. coli*, dois parâmetros que apresentaram elevados percentuais de violação do limite legal. Coliformes apresentou percentuais similares de violação entre os períodos seco (96%) e chuvoso (91,3%). O mesmo padrão foi observado para *E. coli*, porém em menores percentuais de violação (80% no período seco e 82,6% no período chuvoso) (**Figura 6-187**).

Manganês total, cor aparente, ferro total e turbidez apresentaram percentual de violação acima de 30% para pelo menos um dos períodos (**Figura 6-187**).

Figura 6-187 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Baixo Guandu-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

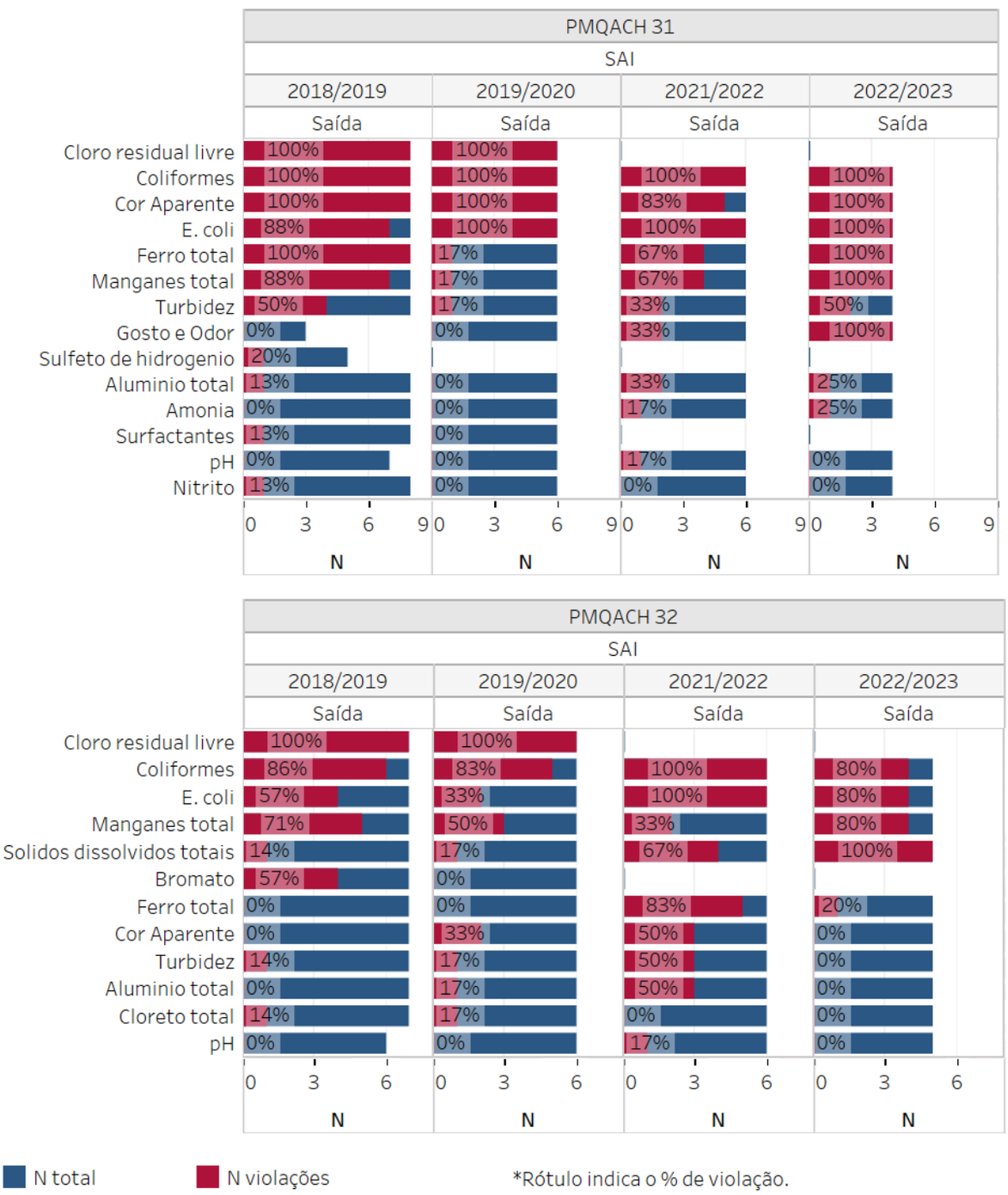


No município de Baixo Guandu foram avaliados dois pontos sem tratamento com captação subterrânea e abastecimento tipo SAI (**Figura 6-188**).

No último ciclo de monitoramento (2022/2023), o ponto PMQACH 31 apresentou desconformidade em todas as 4 amostras do período (100% de violação, 4 amostras) para coliformes, cor aparente, *E. coli*, ferro total, manganês total e gosto e odor. Este percentual de violação foi maior ou tão elevado quanto o ciclo anterior de 2021/2022 (**Figura 6-188**). Violações observadas em 2022/2023 para turbidez (50%, 2 de 4 amostras) e amônia (25%, 1 de 4 amostras) também superaram aquelas observadas no ciclo anterior. Alumínio total apresentou pequena redução no percentual de violação no último ciclo de monitoramento (25%, 1 de 4 amostras) em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-188**).

No ponto PMQACH 32, coliformes e *E. coli* registraram 80% de amostras em desconformidade em 2022/2023 (4 de 5 amostras), percentual que, embora elevado, foi ligeiramente inferior ao do ciclo anterior. Este mesmo percentual de violação foi registrado para manganês total (80%, 4 de 5 amostras), resultado que supera o observado no ciclo anterior (**Figura 6-188**). Também registrou aumento o parâmetro sólidos dissolvidos totais com 100% das amostras do período em desconformidade (5 amostras) (**Figura 6-188**). Ferro total apresentou em 2022/2023, apenas uma amostra das cinco coletas em desconformidade (20% de violação), resultado inferior ao do ciclo anterior (**Figura 6-188**).

Figura 6-188 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 29, PMQACH 31, PMQACH 32 e PMQACH 33, localizados no município de Baixo Guandu-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

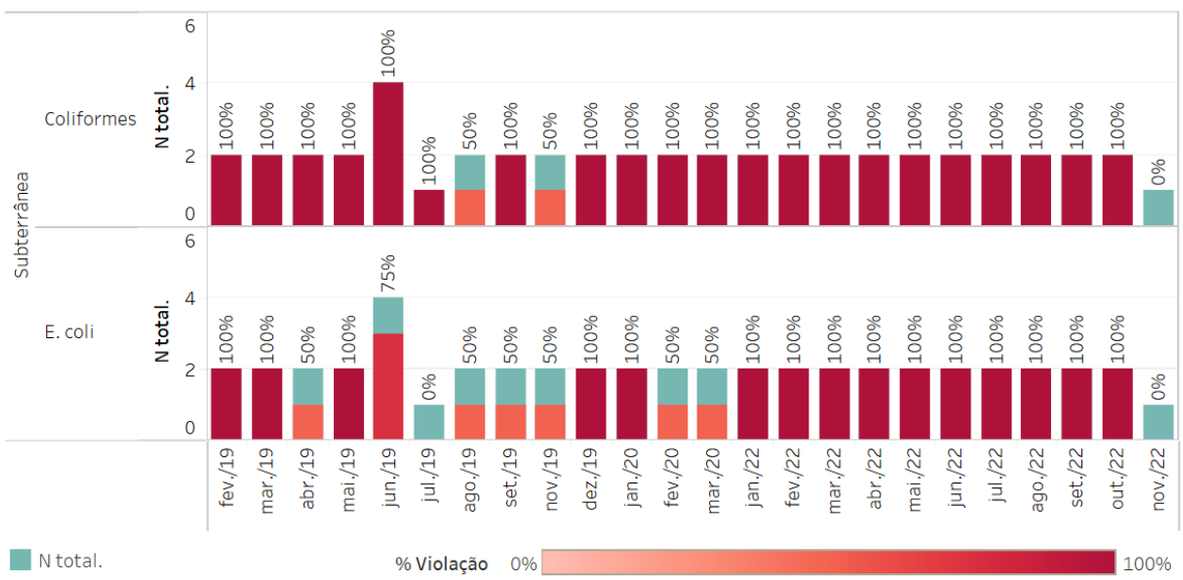


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.21.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

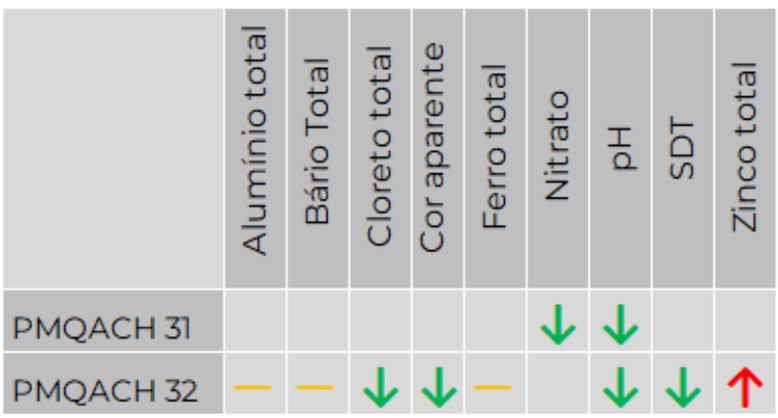
Nos pontos sem tratamento amostrados no município de Baixo Guandu (PMQACH 31 e 32), observa-se presença de coliformes e *E. coli* na maioria dos meses amostrados **(Figura 6-189**). Somente não foi observada a presença de coliformes nas amostras do mês de novembro/2022 e *E. coli* somente em julho/2019 e novembro/2022. Para estes parâmetros não há um padrão temporal ou sazonal evidente (**Figura 6-189**).

Figura 6-189 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída de pontos sem tratamento, localizados no município de Baixo Guandu.



Para os demais parâmetros, nota-se que ambos os pontos analisados apresentaram uma redução dos valores de pH em 2022/2023 em relação aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-190**). Além do pH, o ponto PMQACH 31 também apresentou uma redução nas concentrações de nitrato e o ponto PMQACH 32 de cloreto total, cor aparente e sólidos dissolvidos totais. Adicionalmente o ponto PMQACH 32 apresentou aumento nos valores de zinco total no último período (2022/2023) em relação aos ciclos anteriores. ($p < 0,05$) (**Figura 6-190**).

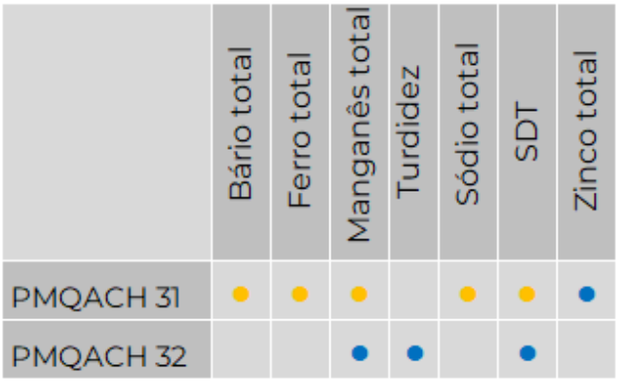
Figura 6-190 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, destaca-se o ponto PMQACH 31, onde os parâmetros sólidos dissolvidos totais, bário, ferro, manganês e sódio total apresentaram resultados significativamente superiores durante o período seco, além de zinco total durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-191**). Manganês total, sólidos dissolvidos totais e turbidez apresentaram resultados superiores durante o período chuvoso no ponto PMQACH 32 ($p < 0,05$) (**Figura 6-191**).

Figura 6-191 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.21.2 - Pontos com tratamento

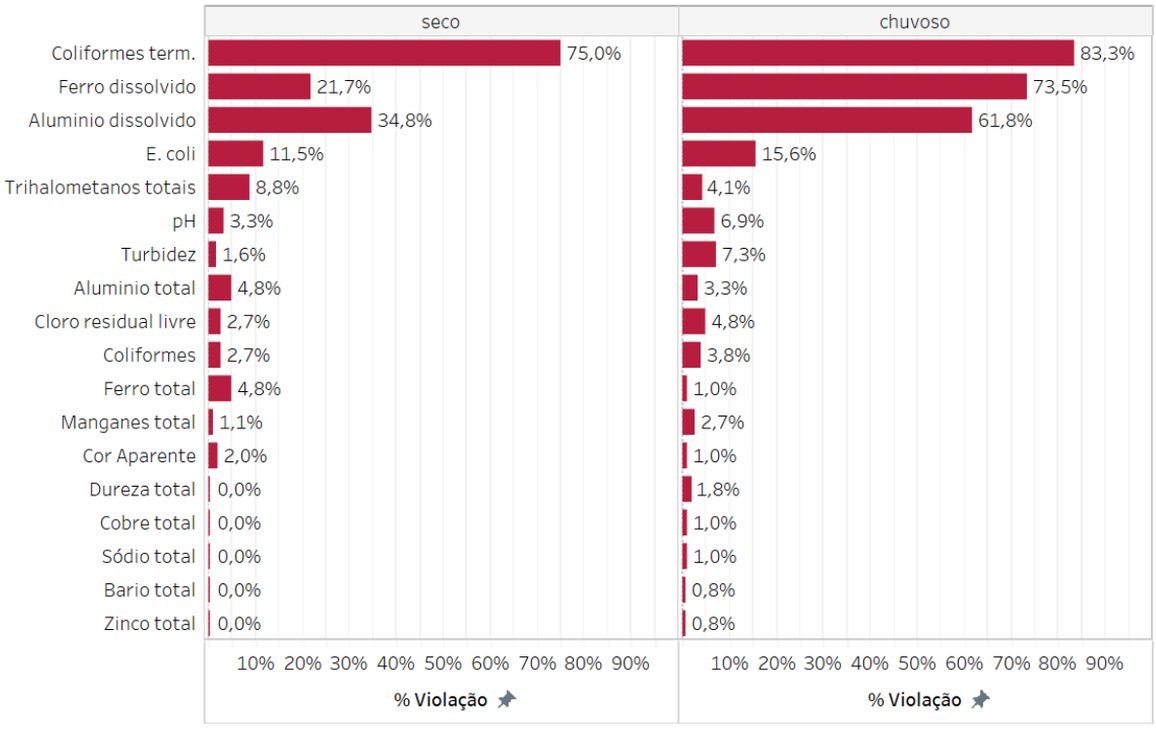
6.21.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para os pontos com tratamento de água no município de Baixo Guandu-ES, pode-se observar um elevado percentual de violação para coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido e ferro dissolvido (**Figura 6-192**). Estes parâmetros passaram a ser monitorados no período de 2021/2022 após a primeira revisão bianual do PMQACH.

Destacam-se ferro dissolvido e alumínio dissolvido por apresentarem percentual de violação mais elevado no período chuvoso (73,5% e 61,8%, respectivamente) (**Figura 6-192**). Tanto o alumínio quanto o ferro são minerais naturalmente encontrados em rochas e no solo da bacia do rio Doce. Com o aumento da lixiviação no período chuvoso, uma maior quantidade destes minerais é carreada para os corpos d'água, o que pode contribuir para o incremento da concentração destes elementos e consequentemente aumento no percentual de violação.

Os demais parâmetros apresentaram baixos percentuais de violação (<15%) sem diferenças acentuadas entre os dois períodos sazonais (**Figura 6-192**).

Figura 6-192 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Baixo Guandu-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis.



Os pontos com tratamento amostrados no município de Baixo Guandu apresentam abastecimento tipo SAA e captação superficial.

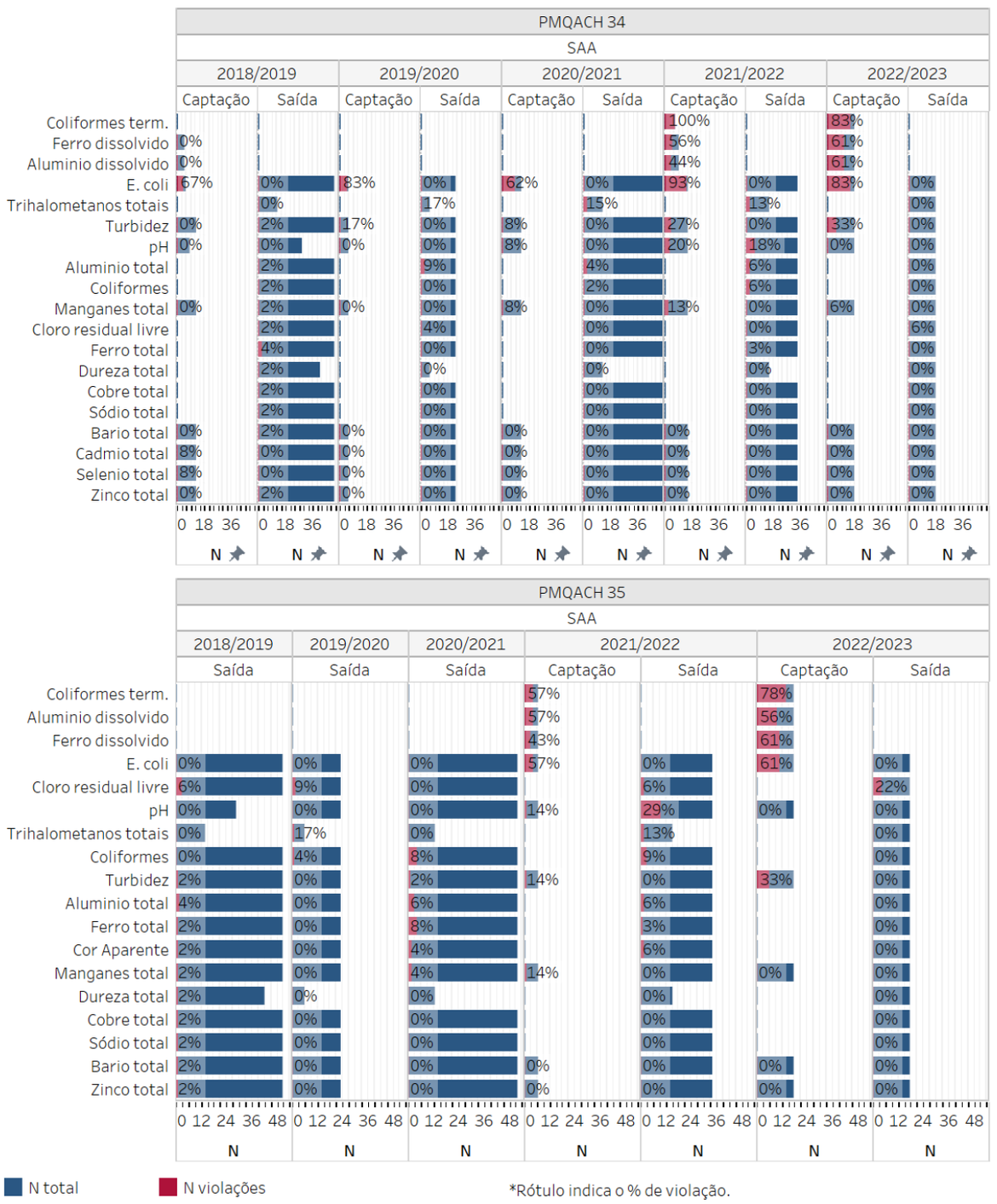
Na captação do ponto PMQACH 34, no período de 2022/2023, coliformes termotolerantes e *E. coli* registraram 83% de amostras em desconformidade (15 de 18 amostras), percentual que, embora elevado, foi ligeiramente inferior ao do ciclo anterior (**Figura 6-193**). Ferro dissolvido e alumínio dissolvido apresentaram 61% das amostras do período em desconformidade (11 de 18 amostras), resultado superior ao do ciclo anterior. Turbidez também registrou pequeno aumento em 2022/2023 em relação ao ciclo anterior (33%, 6 de 18 amostras) (**Figura 6-193**). Manganês total registrou violação pontual em 1 amostra das 18 coletadas no ciclo de 2022/2023 (6% de violação) (**Figura 6-193**).

Na saída do tratamento deste ponto, apenas cloro residual livre registrou desconformidade em 1 das 18 amostras coletadas no ciclo de 2022/2023 (6% de violação) (**Figura 6-193**).

Na captação do ponto PMQACH 35, violações observadas em 2022/2023 para coliformes termotolerantes (78%, 14 de 18 amostras), ferro dissolvido e *E. coli* (61%, 11 de 18 amostras) e turbidez (33%, 6 de 18 amostras), superaram os registros do ciclo anterior (**Figura 6-193**). Alumínio dissolvido em 2022/2023, apresentou 56% de amostras em desconformidade (10 de 18 amostras), percentual similar ao do ciclo anterior (**Figura 6-193**).

Na saída do ponto, apenas cloro residual livre apresentou desconformidade em 4 das 18 amostras coletadas no ciclo de 2022/2023 (22% de violação), percentual superior ao do ciclo de 2021/2022 (**Figura 6-193**).

Figura 6-193 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 34 e PMQACH 35, localizados no município de Baixo Guandu-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

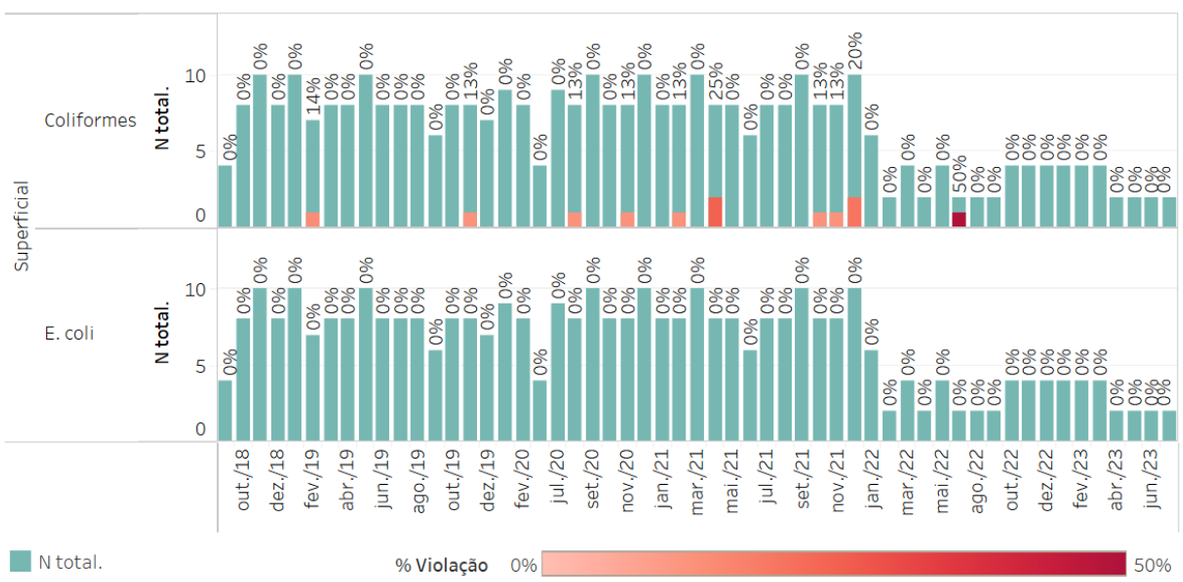


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.21.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

Nos pontos com tratamento observa-se a ausência de coliformes para a maioria dos meses amostrados, apresentando violação do limite legal somente nos meses de fevereiro e novembro/2019, agosto e novembro/2020, fevereiro, abril, outubro, novembro e dezembro/2021 e julho/2022. Para *E. coli*, não houve violação do limite legal em nenhum dos meses amostrados. Não há um padrão temporal ou sazonal evidente para nenhum desses dois parâmetros (**Figura 6-194**).

Figura 6-194 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento, PMQACH 34 e PMQACH 35, localizados no município de Baixo Guandu.



Para os demais parâmetros, nota-se, no geral, uma redução no período de 2022/2023, especialmente na saída dos pontos amostrais (**Figura 6-195**). O parâmetro sólidos dissolvidos totais apresentou uma redução nos valores tanto na captação e saída do ponto PMQACH 34 como também na saída do ponto PMQACH 35. Nota-se paralelamente aumento na concentração de zinco total na captação e na saída do ponto PMQACH 34 e na saída do ponto PMQACH 35 ($p < 0,05$) (**Figura 6-195**). Manganês total e pH exibiram menores concentrações na saída de ambos os pontos ($p < 0,05$) (**Figura 6-195**). Já nitrato apresentou diminuição na captação do ponto PMQACH 34 e na saída do PMQACH 35. Pontualmente, é

observado no ponto PMQACH 34, uma redução nos valores de cloreto e sódio total na captação, e de turbidez na saída. No ponto PMQACH 35, a redução pontual é observada para o parâmetro dureza total na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-195**).

Figura 6-195 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Dureza total	Cloreto total	Cor aparente	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 34	Captação			—	↓				↓	—	↓	↓		↑
	Saída	—		—	—			↓		↓	↓		↓	↑
PMQACH 35	Captação												—	
	Saída	—		↓			—	↓	↓	↓	↓		—	↑

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, os parâmetros apresentaram, de maneira geral valores superiores durante o período chuvoso. Bário total apresentou concentrações elevadas durante o período chuvoso tanto na saída como na captação de ambos os pontos, PMQACH 34 e 35. Já manganês total e turbidez apresentaram resultados superiores durante o período chuvoso somente na captação dos dois pontos monitorados. Paralelamente, também na captação dos pontos PMQACH 34 e 35, é observado resultados mais elevados de cloreto total durante o período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-196**).

O ponto PMQACH 34 apresentou maiores concentrações de alumínio total na captação e de ferro total tanto na captação como na saída durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-196**). No período seco, é observado principalmente maiores concentrações de sódio total, tanto na captação do ponto PMQACH 34 como na captação e saída do ponto PMQACH 35, além de apresentar aumento também durante o período chuvoso na saída do ponto PMQACH 34 ($p < 0,05$) (**Figura 6-196**). Por fim, nota-se pontualmente, aumento nos

resultados de dureza total (captação PMQACH 35) e cor aparente (saída PMQACH 34) durante o período chuvoso e de sólidos dissolvidos totais (captação PMQACH 34) durante o período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-196**).

Figura 6-196 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Dureza total	Cloreto total	Cor aparente	Ferro total	Manganês total	SDT	Sódio total	Turbidez
PMQACH 34	Captação	●	●		●		●	●	●	●	●
	Saída		●			●	●			●	
PMQACH 35	Captação		●	●	●			●		●	●
	Saída		●					●		●	

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.22 - Colatina

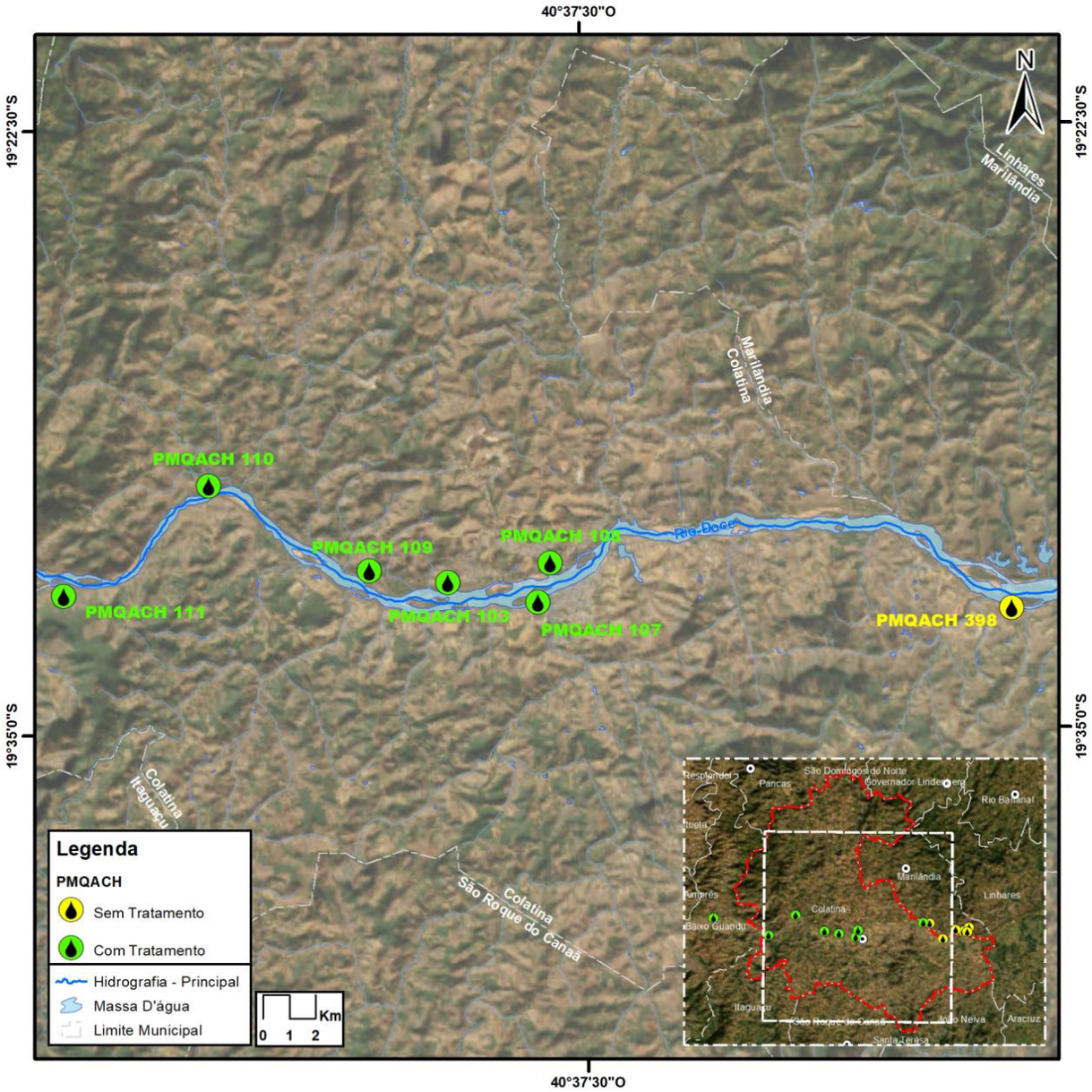
No município de Colatina-ES, foram considerados os 07 (sete) pontos de monitoramento. Seis (06) deles possuem tratamento de água, sendo 01 (um) do tipo Solução Alternativa Coletiva (SAC) e 05 (cinco) do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA). Um ponto não possui tratamento de água e é do tipo Solução Alternativa Individual (SAI) (**Figura 6-197** e **Quadro 6-22**).

Quadro 6-22 - Características dos pontos do município de Colatina considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 103 [1)]	Superficial	SAC	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	16/08/2022
PMQACH 107	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo
PMQACH 108	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo
PMQACH 109	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo
PMQACH 110	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo
PMQACH 111	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo
PMQACH 398 [2)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/03/2023

1) Solicitada a retirada do ponto devido a falta de assinatura do termo de consentimento. Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-197 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Colatina-ES.



6.22.1 - Pontos sem tratamento

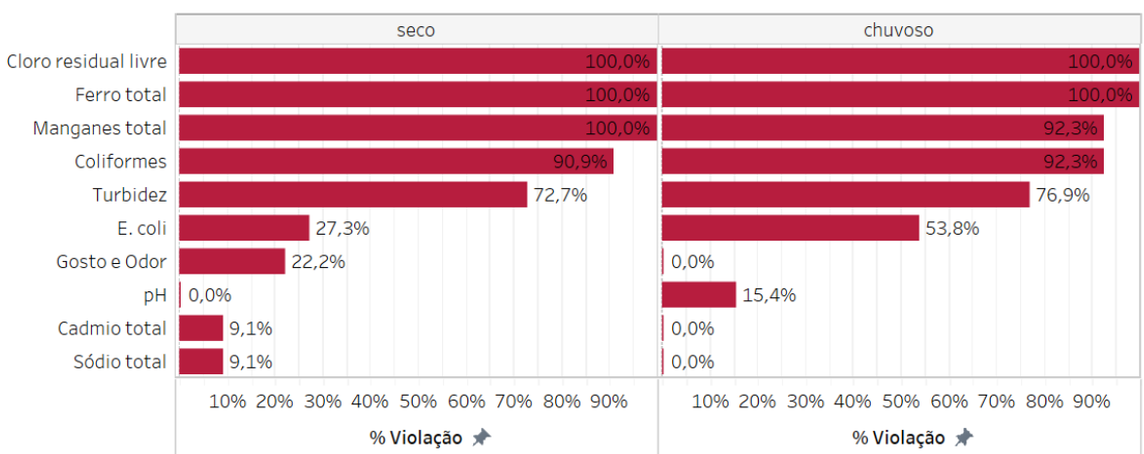
6.22.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o ponto sem tratamento do município de Colatina-ES, os parâmetros cloro residual livre, ferro total, manganês total, coliformes e turbidez apresentaram os maiores percentuais de violação (sempre acima de 70%), com pouca diferenciação entre os períodos seco e chuvoso. Cloro residual livre apresentou 100% de violação nos dois períodos sazonais (seco e chuvoso) (**Figura 6-198**), o que é esperado, visto que o ponto não possui tratamento de água. Entretanto, reforça-se que com a primeira revisão bianual do PMQACH, a partir de janeiro de 2022, o parâmetro cloro residual livre parou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais de violação observados são referentes ao período pretérito à esta revisão.

Ferro total também apresentou 100% de violação nos dois períodos sazonais, e manganês total 100% de desconformidade no período seco e 92,3% no período chuvoso. Estes metais estão associados a geologia regional da bacia do rio Doce (PIRH, 2010). Destaca-se também a presença de coliformes na água, refletidos nos elevados percentuais de violação para este parâmetro (90,9% e 92,3% no período seco e chuva respectivamente) (**Figura 6-198**). Embora contemple um grande grupo de bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, a presença de coliformes também é em alerta para possível exposição da fonte a focos de poluição ou contaminação. Cabe destacar que, este parâmetro foi apontado como prioritário para busca de soluções na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021) e que apesar da elevada taxa de esgotamento sanitário de Colatina-ES (85,5%; 5ª posição entre os municípios com a maior taxa de esgotamento sanitário adequado de um total de 78 municípios; IBGE, 2010) – o que pode minimizar a influência regional para os pontos avaliados – os aspectos locais também são importantes. Além disso, a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, e, no caso de um tratamento ineficiente, o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos corpos d'água ainda pode ocorrer.

Ainda, aponta-se para a correlação entre os percentuais de violação do cloro e coliformes nos pontos sem tratamento. Os elevados percentuais de violação do limite inferior de cloro residual livre estão relacionados ao não tratamento de água. Baixas concentrações ou mesmo a ausência de cloro podem levar a eventual contaminação microbiológica nos sistemas de água para consumo humano (FUNASA, 2014), o que pode ser observado pelos elevados percentuais de coliformes totais e *E. coli*.

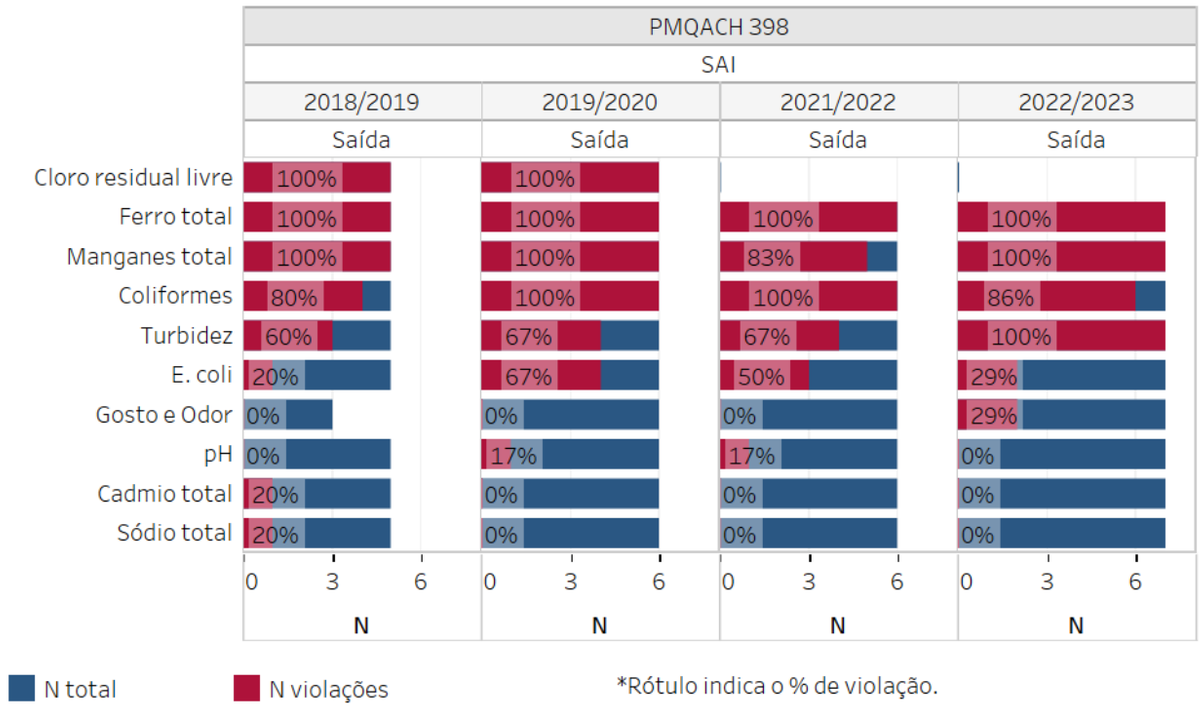
Figura 6-198 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Colatina-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



No município de Colatina foi monitorado um ponto sem tratamento de água, com captação subterrânea e do tipo SAI (PMQACH 398).

Neste ponto, ferro total e manganês total apresentaram, em 2022/2023, 100% de violação (7 amostras), e coliformes 86% (6 de 7 amostras), percentuais estes tão elevados quanto o observado em todo o período anterior de monitoramento (**Figura 6-199**). Houve aumento no percentual de violação, em 2022/2023, para turbidez (100%, 7 amostras) em relação aos períodos anteriores (**Figura 6-199**). *E. coli* registrou desconformidade no último ciclo avaliado em 2 das 7 amostras avaliadas no período (29% de violação), resultado que representa uma redução em relação a ciclos anteriores (**Figura 6-199**). Gosto e odor aparece pela primeira vez em desconformidade no monitoramento, em 2022/2023, com 29% de violação (2 de 7 amostras) (**Figura 6-199**).

Figura 6-199 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 398 localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

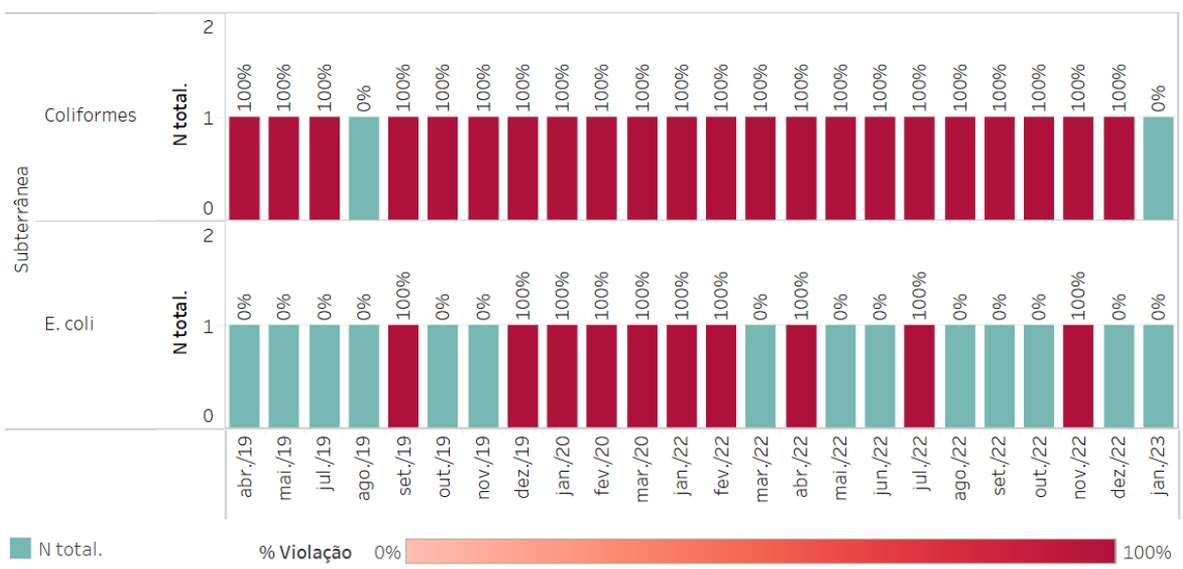


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.22.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

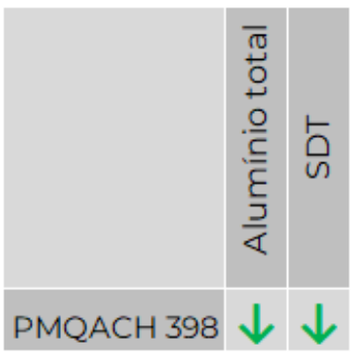
O ponto sem tratamento do município de Colatina registrou a presença de coliformes em 22 dos 24 meses monitorados. A presença de *E. coli* foi registrada em 10 dos 24 meses monitorados. Não foi possível observar um padrão temporal ou sazonal evidente para presença de *E. coli* ou coliformes para o período monitorado (**Figura 6-200**).

Figura 6-200 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de Colatina.



Em relação aos demais parâmetros, no ponto PMQACH 398, houve redução das concentrações de alumínio total e sólidos dissolvidos totais em 2022/2023 em relação a períodos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-201**).

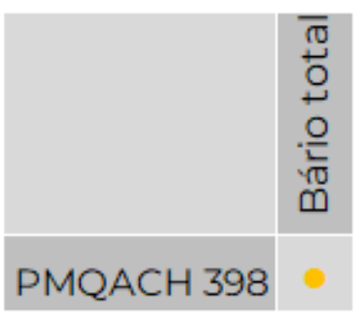
Figura 6-201 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, somente o parâmetro bário total apresentou concentração superior durante o período de seca no ponto PMQACH 398 ($p < 0,05$) (**Figura 6-202**).

Figura 6-202 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.22.2 - Pontos com tratamento

6.22.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para os pontos com tratamento do município de Colatina-ES, coliformes termotolerantes, ferro dissolvido e alumínio dissolvido, que passaram a ser monitorados após a primeira revisão bianual do PMQQS, em janeiro de 2022, apresentaram percentuais de violação acima de 50% em pelo menos um dos períodos avaliados (período chuvoso e seco). Estes três parâmetros apresentaram um padrão sazonal com percentuais de violação mais elevados na estação chuvosa (**Figura 6-203**).

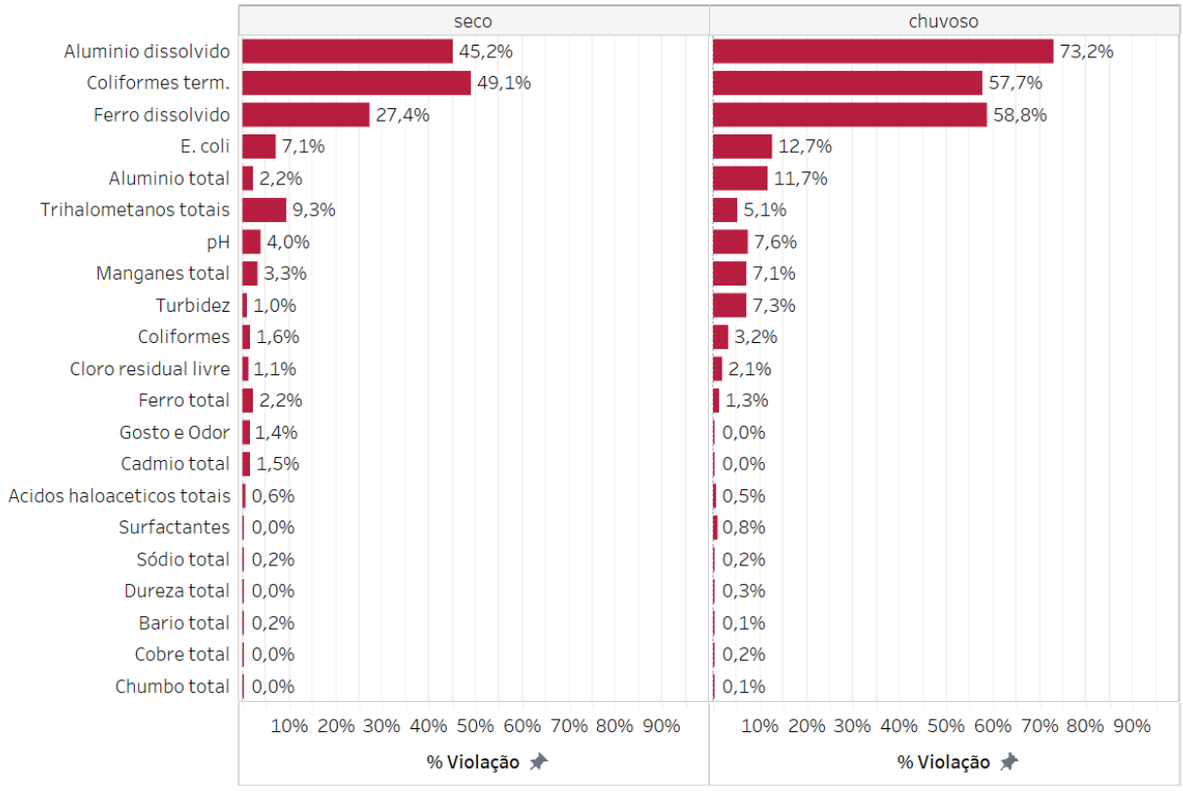
Coliformes termotolerantes apresentou 49,1% de violação no período seco e 57,7% no período chuvoso (**Figura 6-203**). Este parâmetro pode ter relação com os aglomerados urbanos, de onde vem uma das principais contribuições para o aumento de sua concentração (esgotos domésticos). De acordo com a mais recente revisão do plano integrado da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021), coliformes termotolerantes é um dos parâmetros que mais contribuem para a deterioração da qualidade em rios que fazem parte da bacia.

O ferro dissolvido é outro parâmetro que também apresentou desconformidade com a legislação (violação de 27,4% no período seco e 58,8% no período chuvoso) (**Figura 6-203**). Porém, diferente dos coliformes termotolerantes, elevadas concentrações de ferro dissolvido podem estar relacionadas às características naturais de rochas e do solo da bacia (PIRH Doce, 2021). O mesmo pode ser sugerido para o alumínio dissolvido (violação de 45,2% no período seco e 73,2% no período chuvoso), naturalmente presente nos solos além de também estar relacionado às fontes de poluição terrestres que atingem os ambientes aquáticos através do escoamento superficial (VIOLA *et al*., 2016).

Sazonalmente, foi possível observar um maior percentual de violação dos limites legais para coliformes termotolerantes, ferro dissolvido e alumínio dissolvido e total, *E. coli*, turbidez e manganês total durante o período chuvoso (**Figura 6-203**). Esta relação pode estar associada à lixiviação causada pela maior pluviosidade neste período, que leva ao

carreamento de partículas para os corpos d'água. Os demais parâmetros analisados apresentaram percentuais de violação abaixo de 12% e não apresentaram um padrão sazonal evidente (**Figura 6-203**).

Figura 6-203 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Colatina-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2022 com base nos limites aplicáveis.

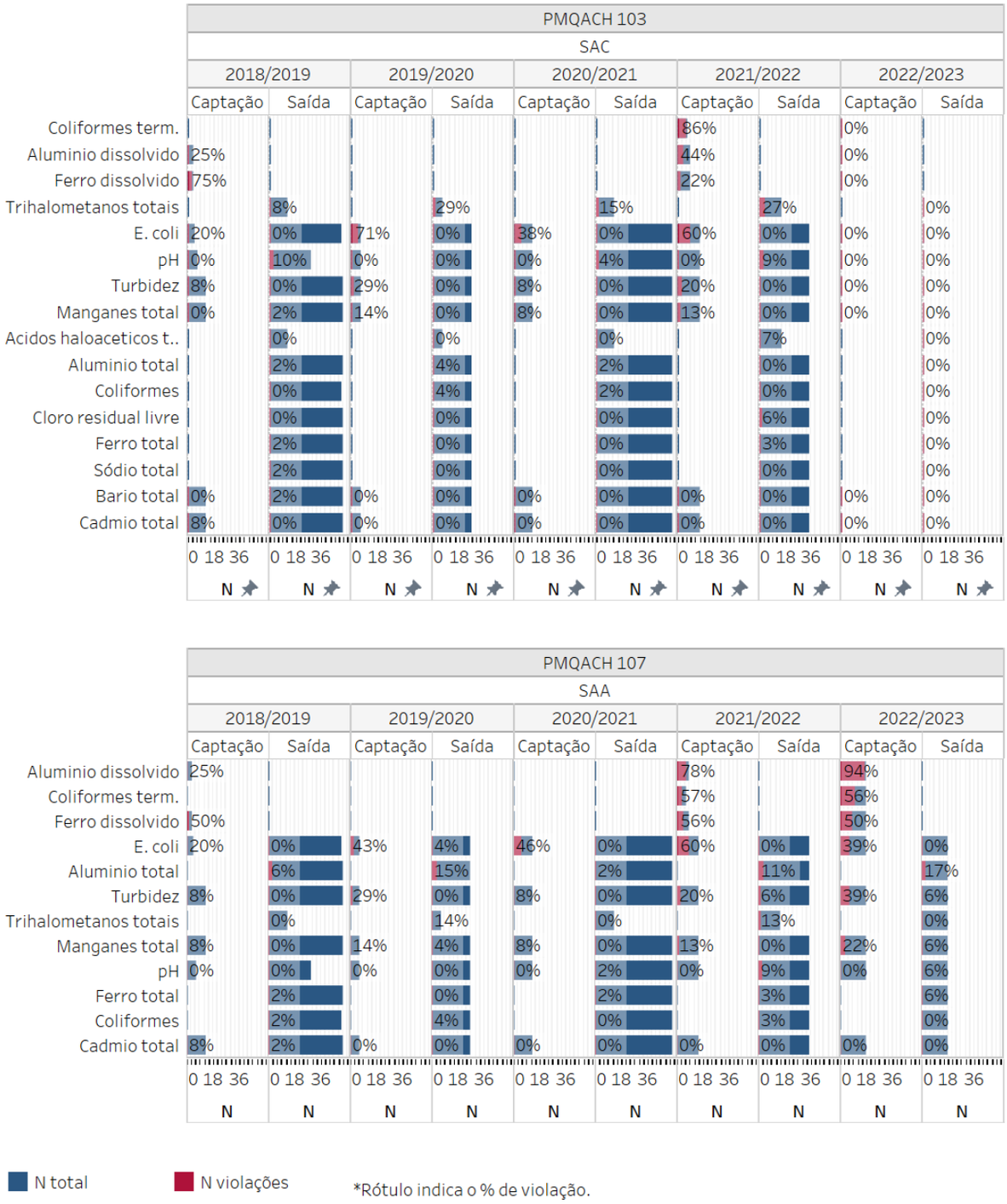


Seis pontos com tratamento e captação superficial foram monitorados, sendo 1 de abastecimento tipo SAC (PMQACH 103) e 5 do tipo SAA (PMQACH 107, 108, 109, 110 e 111).

No ponto PMQACH 103, foi realizada apenas uma amostragem no ciclo de 2022/2023 que não registrou nenhuma desconformidade seja na captação ou saída do tratamento (**Figura 6-204**).

Na captação do ponto PMQACH 107, em 2022/2023, foi observado aumento no percentual de violação para alumínio dissolvido (94%, 17 de 18 amostras), em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-204**). Também na captação no último ciclo avaliado, coliformes termotolerantes (56%, 10 de 18 amostras) e ferro dissolvido (50%, 9 de 18 amostras) mantiveram percentuais de violação similares ao do ciclo anterior (**Figura 6-204**). *E. coli* apresentou redução no percentual de violação em 2022/2023 na captação, com 39% de amostras em desconformidade (7 de 18 amostras), não tendo sido observada violação na saída do tratamento (**Figura 6-204**). Na captação, turbidez apresentou 39% de violação (7 de 18 amostras) e manganês total 22% (4 de 18 amostras), resultados que representam um aumento em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-204**). Na saída do tratamento estes dois parâmetros apresentaram violação pontual em 1 das 18 amostras avaliadas (6%). Avaliados apenas na saída do tratamento foi registrada violação pontual para ferro total (6%, 1 de 18 amostras) e para alumínio total (17%, 3 de 18 amostras) (**Figura 6-204**).

Figura 6-204 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 103 e PMQACH 107 localizados no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

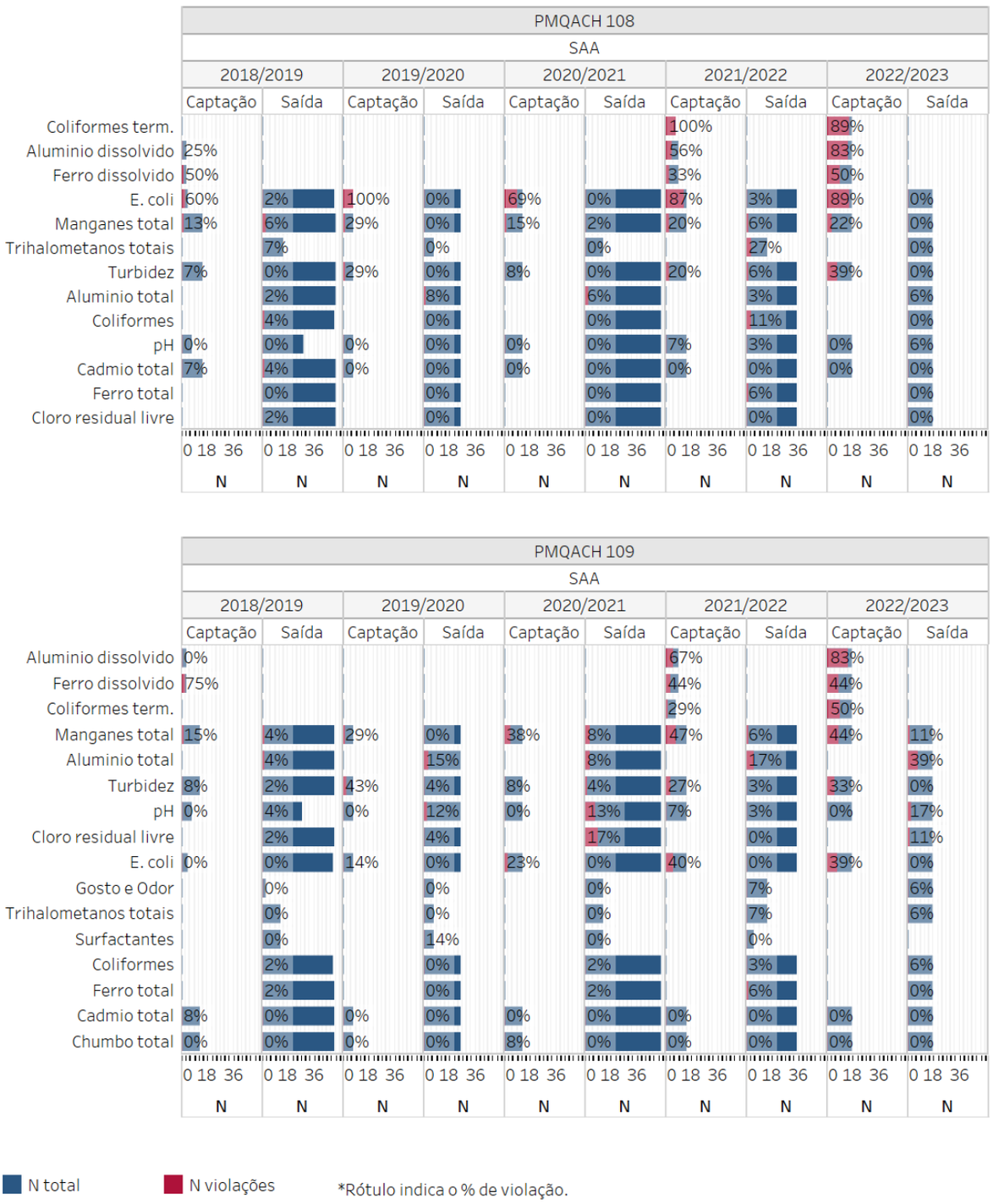


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 108, o parâmetro coliformes termotolerantes, monitorado exclusivamente na captação, apresentou redução no percentual de violação em 2022/2023 em relação ao período anterior, embora ainda tenha sido um percentual elevado (89%, 16 de 18 amostras) (**Figura 6-205**). Também na captação foi registrado aumento no percentual desconforme em 2022/2023 para alumínio dissolvido (83%, 15 de 18 amostras) e ferro dissolvido (50%, 9 de 18 amostras) em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-205**). Mantiveram, em 2022/2023, percentuais semelhantes ao do ciclo anterior os parâmetros *E. coli* (89%, 16 de 18 amostras) e manganês total (22%, 4 de 18 amostras). Na saída do tratamento, estes parâmetros apresentaram conformidade. Com 39% de violação em 2022/2023, o resultado de turbidez representou um aumento em relação ao ciclo anterior. Na saída do tratamento, no entanto, não foi observada desconformidade (**Figura 6-205**). pH que não havia registrado desconformidade na captação, apresentou violação pontual em 1 das 18 amostras coletadas no ciclo de 2022/2023 (6%). Monitorado exclusivamente na saída do tratamento, alumínio total também registrou violação pontual (6%, 1 de 18 amostras) (**Figura 6-205**).

No ponto PMQACH 109, monitorados exclusivamente na captação, os parâmetros alumínio dissolvido e coliformes termotolerantes registraram, em 2022/2023, 83% de violação (15 de 18 amostras) e 50% de violação (9 de 18 amostras), respectivamente, resultados que representam um aumento em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-205**). Ferro dissolvido apresentou em 2022/2023 o mesmo percentual de violação do ciclo anterior (44%, 8 de 18 amostras) (**Figura 6-205**). Também mantiveram percentuais de violação, em 2022/2023, semelhantes ao do ciclo anterior, os parâmetros manganês total (83%, 15 de 18 amostras), turbidez (33%, 6 de 18 amostras) e *E. coli* (39%, 7 de 18 amostras). Destes parâmetros, na saída do tratamento, apenas manganês registrou desconformidade em 2 das 18 amostras (11%) (**Figura 6-205**). pH que não havia registrado desconformidade na captação, apresentou violação pontual em 3 das 18 amostras coletadas no ciclo de 2022/2023 (17%) (**Figura 6-205**). Monitorados exclusivamente na saída do tratamento, em 2022/2023, foram registradas violações para alumínio total (39%, 7 de 18 amostras), cloro residual livre (11%, 2 de 18 amostras), gosto e odor, trihalometanos totais e coliformes (6%, 1 de 18 amostras) (**Figura 6-205**).

Figura 6-205 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 108 e PMQACH 109 localizados no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



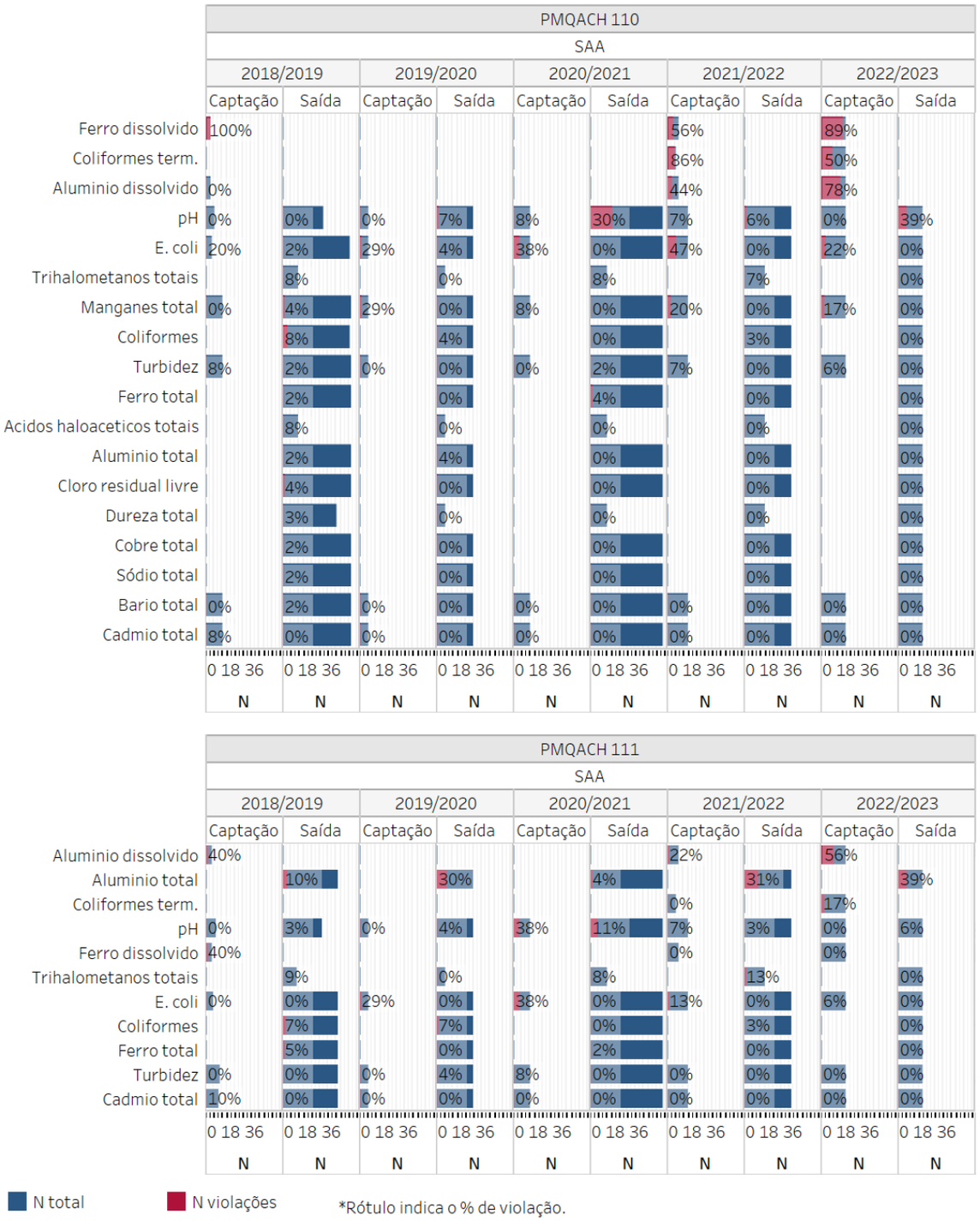
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Na captação do ponto PMQACH 110, ferro dissolvido apresentou aumento no percentual de violação em 2022/2023 em relação ao ciclo anterior (89%, 16 de 18 amostras), assim como alumínio dissolvido (78%, 14 de 18 amostras) (**Figura 6-206**). Coliformes termotolerantes registrou em 2022/2023, metade das amostras do período em desconformidade (50%, 9 de 18 amostras), resultado que representa uma redução em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-206**).

E. coli também apresentou redução no percentual de violação em 2022/2023 (22%, 4 de 18 amostras), em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-206**). Em 2022/2023, violações observadas para manganês total (17%, 3 de 18 amostras) e turbidez (6%, 1 de 18 amostras) foram similares ao do ciclo anterior (**Figura 6-206**). Na saída do tratamento estes parâmetros apresentaram conformidade. Único parâmetro que apresentou desconformidade na saída do tratamento, em 2022/2023, foi pH, com 39% de violação (7 de 18 amostras) (**Figura 6-206**).

Na captação do ponto PMQACH 111 alumínio dissolvido registrou 56% de violação em 2022/2023 (10 de 18 amostras) (**Figura 6-206**). Coliformes termotolerantes que até então não havia apresentado desconformidade ao longo do monitoramento, registrou, em 2022/2023, 17% de violação (3 de 18 amostras). *E. coli* registrou violação pontual na captação (6%, 1 de 18 amostras) e conformidade na saída do tratamento no último ciclo de monitoramento (**Figura 6-206**). pH, por outro lado, registrou violação pontual na saída do tratamento (6%, 1 de 18 amostras), mas conformidade na captação. Monitorado exclusivamente na saída do tratamento, alumínio total registrou 39% de amostras em desconformidade em 2022/2023 (7 de 18 amostras) (**Figura 6-206**).

Figura 6-206 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 110 e PMQACH 111 localizados no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

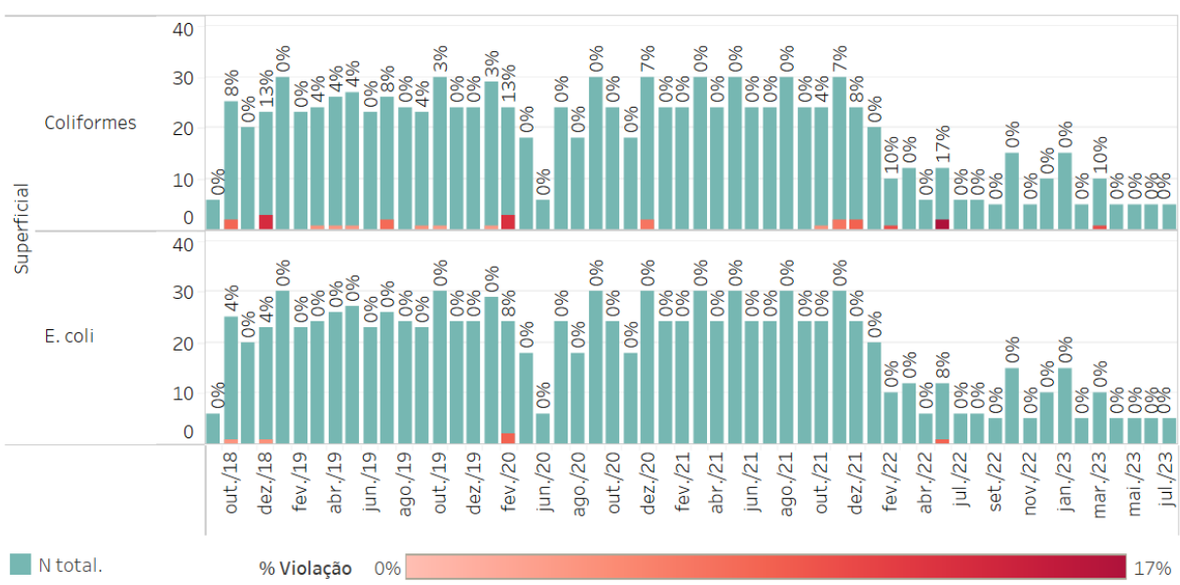


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.22.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

Em relação a variação temporal e sazonal dos parâmetros coliformes e *E. coli* nos pontos com tratamento monitorados é possível apontar para a 'ausência' destes ao longo dos meses de monitoramento (**Figura 6-207**). Para coliformes, o percentual de violação não ultrapassou 17% (percentual máximo ocorrido no mês de maio de 2022). Apesar de ter sido possível observar um padrão sazonal (presença de coliformes, geralmente em meses chuvosos), não foi possível notar um padrão temporal evidente para este parâmetro. Para *E. coli*, o percentual máximo foi de 8% nos meses de fevereiro de 2020 e maio de 2022, únicas duas ocorrências da presença do contaminante, não sendo possível observar um padrão temporal ou sazonal (**Figura 6-207**).

Figura 6-207 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli*, em pontos sem tratamento, localizados no município de Colatina.



No município de Colatina, no ciclo 2022/2023 o ponto PMQACH 113 foi monitorado em apenas uma campanha, não sendo possível analisar as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados. Os demais pontos PQMQACH 107, 108, 109, 110 e 111 foram devidamente analisados estatisticamente e o presente ciclo foi temporalmente comparado com ciclos pretéritos.

Para as demais variáveis analisadas nos pontos com tratamento, destaca-se o padrão de redução observado para as concentrações de sólidos dissolvidos totais e aumento para concentrações de zinco total em todos os pontos no último período avaliado, tanto na captação como saída, com exceções pontuais ($p < 0,05$) (**Figura 6-208**). O parâmetro dureza total também apresentou tendência de redução na captação e saída dos pontos PMQACH 109 e 111 e nas captações dos pontos PMQACH 107 e 110 ($p < 0,05$) (**Figura 6-208**). Os demais parâmetros apresentaram padrões de aumento ou redução no último período avaliado de forma mais pontual. Os parâmetros bário total (captação e saída PMQACH 111), cloreto total (saída PMQACH 108), nitrato (captação e saída PMQACH 111 e captação PMACH 110), pH (saída PMQACH 110), sódio total (saída PMQACH 111) e turbidez (saída PMQACH 108 e 111) apresentaram redução no último período avaliado (2022/2023) ($p < 0,05$) (**Figura 6-208**). Já os parâmetros alumínio total (saída PMQACH 107 e 109), bário total (saída PMQACH 107), cloreto total (captação PMQACH 111), cor aparente (saída PMQACH 110 e 111), ferro total (saída PMQACH 107), manganês total (saída PMQACH 109 e captação PMQACH 110 e 111) e turbidez (captação PMQACH 110) exibiram aumento nas concentrações em 2022/2023 ($p < 0,05$) (**Figura 6-208**).

Figura 6-208 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Dureza total	Cloreto total	Cor aparente	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 107	Captação			↓	—					—	↓			↑
	Saída	↑	↑	—			↑	—		—	↑		—	↑
PMQACH 108	Captação			—							↓			↑
	Saída	—	—		↓		—	—		—	↓		↓	↑
PMQACH 109	Captação	—		↓						—	↓		—	↑
	Saída	↑	—	↓		↓	—	↑		—	↓		—	↑
PMQACH 110	Captação			↓	—			↑	↓		↓		↑	↑
	Saída	—	—	—	—	↑	—	—		↓	↓	—	—	—
PMQACH 111	Captação		↓	↓	↑			↑	↓	—	↓	—		↑
	Saída	—	↓	↓	—	↑	—	—	↓	—		↓	↓	↑

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, destacam-se as concentrações mais elevadas de alumínio total, bário total, dureza total, ferro total, manganês total e turbidez nos períodos chuvosos em diversos pontos avaliados no município de Colatina ($p < 0,05$) (**Figura 6-209**). Já as concentrações de sódio total e bário total, também exibiram comportamento mais elevado durante o período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-209**). Os demais parâmetros cloreto total, cor aparente e pH apresentaram padrões sazonais de forma mais pontual ($p < 0,05$) (**Figura 6-209).**

Figura 6-209 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Dureza total	Cloreto total	Cor aparente	Ferro total	Manganês total	pH	Sódio total	Turbidez
PMQACH 103	Captação	●				●	●	●		●	●
	Saída		●					●			
PMQACH 107	Captação	●	●	●			●	●		●	●
	Saída		●							●	
PMQACH 108	Captação	●	●	●			●	●		●	●
	Saída		●							●	
PMQACH 109	Captação	●					●	●		●	●
	Saída		●			●				●	
PMQACH 110	Captação		●	●				●			●
	Saída		●		●			●	●		
PMQACH 111	Captação			●							●
	Saída	●	●		●					●	

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.23 - Marilândia

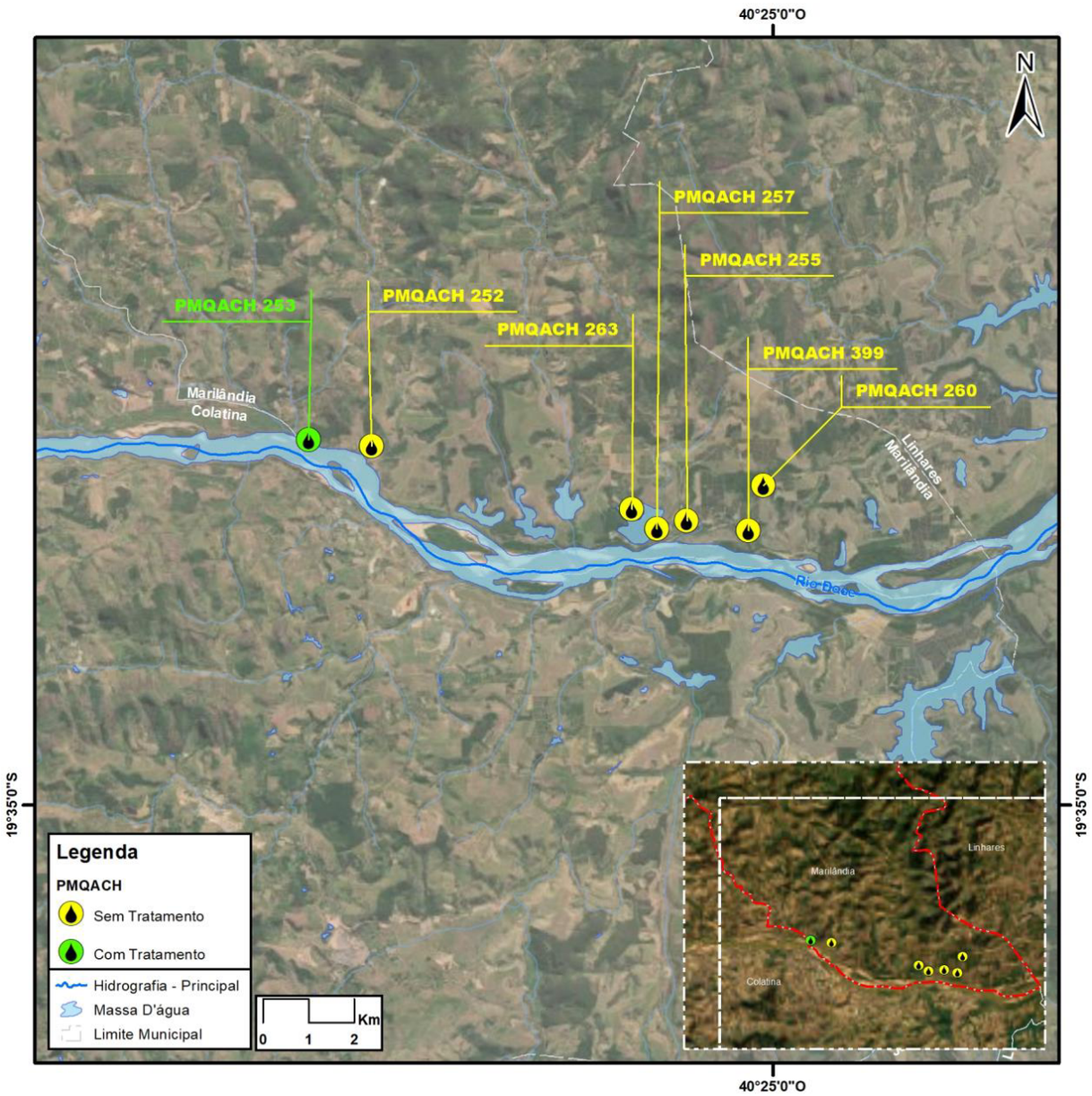
No município de Marilândia-ES, foram considerados 07 (sete) pontos de monitoramento. Dois pontos são do tipo Soluções Alternativas Individuais (SAI) e quatro pontos são do tipo Soluções Alternativas Coletivas (SAC), todos sem tratamento de água. Apenas um ponto possui tratamento de água, sendo também do tipo SAC (**Figura 6-210** e **Quadro 6-23**).

Quadro 6-23 - Características dos pontos do município de Marilândia considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 252 [1)]	Superficial	SAC	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	17/08/2022
PMQACH 253	Superficial	SAC	Sim	Saída		Ativo
PMQACH 255 [1)]	Subterrânea	SAC	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 257	Subterrânea	SAC	Não	Saída		Ativo
PMQACH 260 [1)]	Superficial	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 263 [1)]	Subterrânea	SAC	Não	Saída		17/12/2022
PMQACH 399 [1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/03/2023

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.

Figura 6-210 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Marilândia-ES.



6.23.1 - Pontos sem tratamento

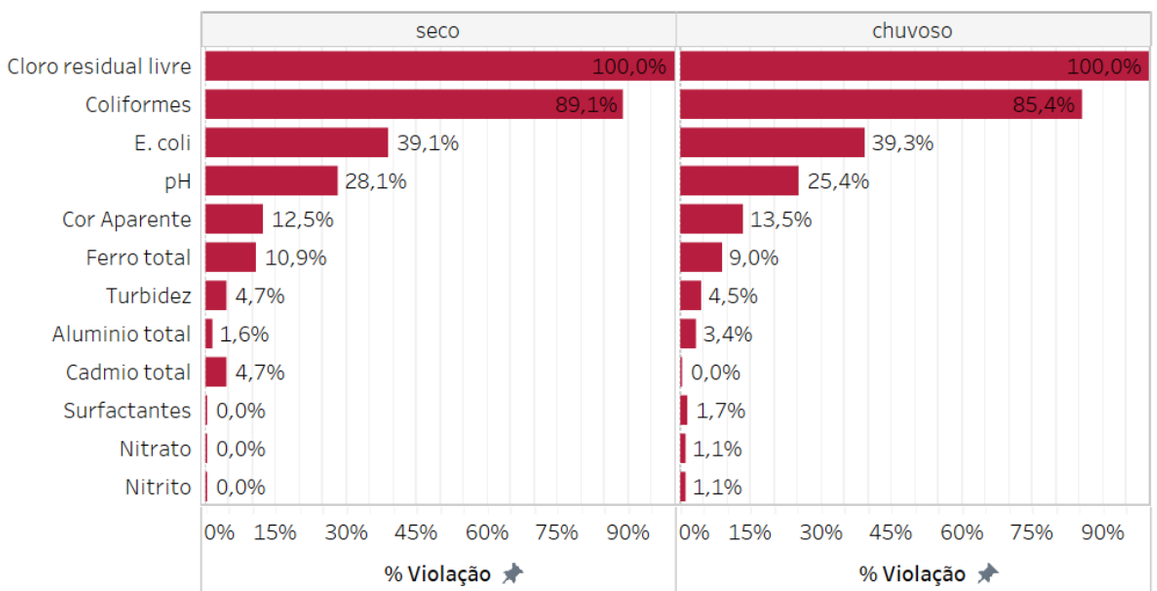
6.23.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Marilândia-ES, nos pontos sem tratamento, destacam-se três parâmetros, por apresentarem percentual de violação superior à 30%: cloro residual livre, coliformes e *E. coli*. O cloro residual livre violou 100% dos limites legais para os dois períodos (seco e chuvoso) (**Figura 6-211**). Reforça-se, entretanto, que a partir de janeiro de 2022, com a primeira revisão bianual do PMQACH, o parâmetro cloro residual livre deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento. Os elevados percentuais observados referem-se ao período anterior à esta revisão.

O cloro residual livre apresentou, no geral, uma concentração abaixo do limite inferior legal. A baixa concentração ou ausência de cloro na água pode resultar em contaminação microbiológica, o que, de fato, foi observado com os elevados percentuais de violação para coliformes (89,1% no período seco e 85,4% no período chuvoso) e *E. coli* (39,1% no período seco e 39,3% no período chuvoso) (**Figura 6-211)**. A contaminação por estes dois parâmetros indica o tratamento ineficiente ou ausente dos efluentes domésticos ou de criação de animais, que são levados aos corpos d'água. O município de Marilândia possui 57,8% do esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010) e, comparativamente com outros municípios do estado do Espírito Santo, ocupa a 39ª posição (de um total de 78 municípios), sendo que a 1ª posição corresponde ao município com maior percentual de esgotamento sanitário (IBGE, 2010). A ausência de tratamento do esgoto sanitário em quase metade do município é um dos fatores que pode explicar a contaminação por coliformes e *E. coli*. Cabe ressaltar ainda que estes dois parâmetros foram indicados como prioritários para gestão na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021).

Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação abaixo 30% para ambos os períodos. Cádmio total se destaca entre estes parâmetros com baixo percentual de violação por violar os limites legais somente no período seco (4,7%). Já surfactantes (1,7%), nitrato e nitrito (1,1%) violaram os limites legais apenas no período chuvoso (**Figura 6-211)**. Não foi observado um padrão sazonal evidente para os pontos sem tratamento de Marilândia.

Figura 6-211 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Marilândia-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



No município de Marilândia, seis pontos sem tratamento foram monitorados no município de Marilândia-ES. Destes, 4 apresentam captação subterrânea (sendo 1 do tipo SAI e 3 do tipo SAC) e 2 apresentam captação superficial (sendo 1 do tipo SAI e 1 do tipo SAC).

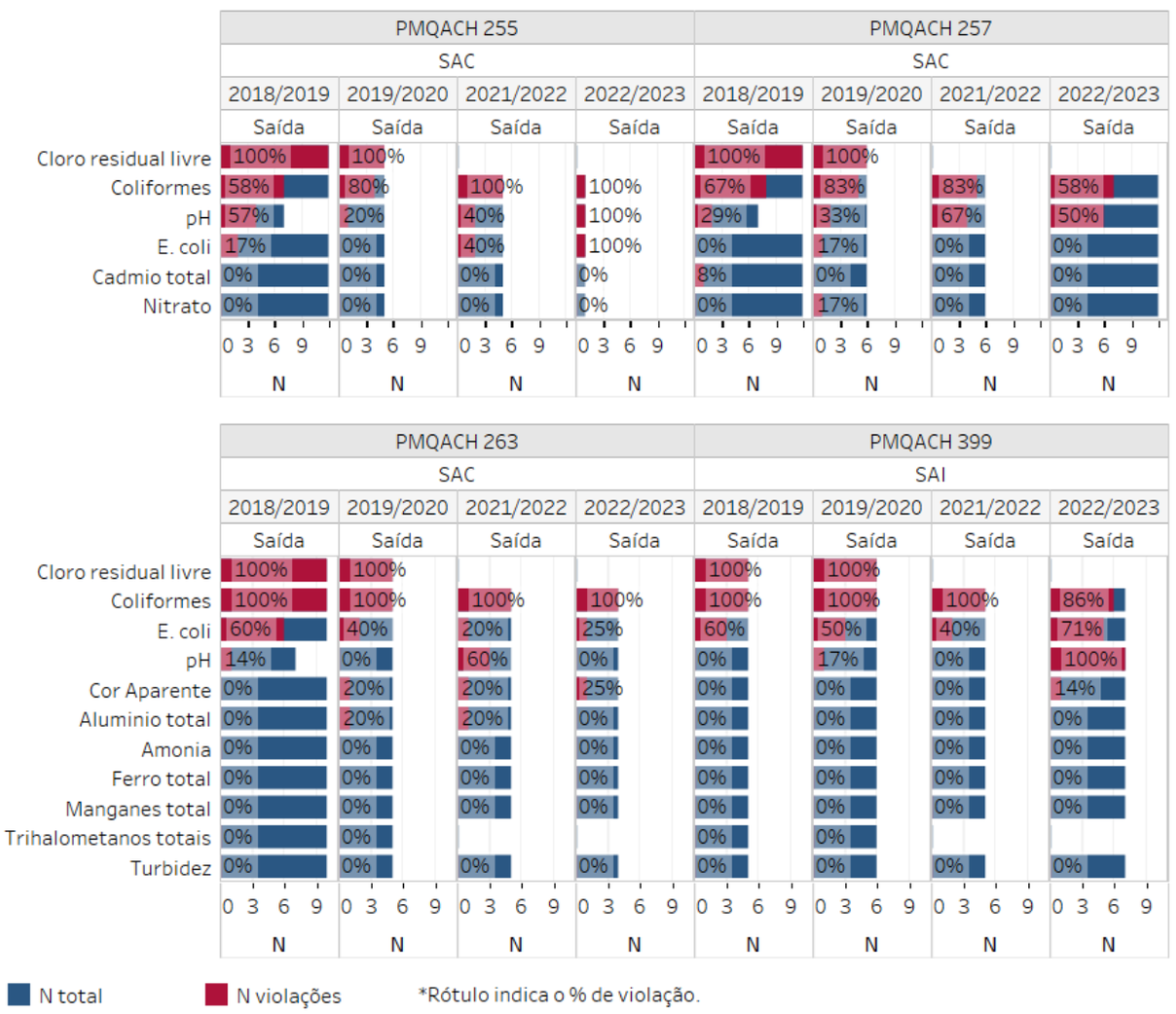
O ponto PMQACH 255, do tipo SAC e captação subterrânea, apresentou em 2022/2023, na única amostragem realizada desconformidade para coliformes, pH e *E. coli* (100%, 1 amostra) (**Figura 6-212**).

No ponto PMQACH 257, do tipo SAC e captação subterrânea, foi observada redução nos percentuais de violação, em 2022/2023, para coliformes (58%, 7 de 12 amostras) e pH (50%, 6 de 12 amostras), em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-212**).

No ponto PMQACH 263, do tipo SAC e captação subterrânea, coliformes registrou desconformidade para todas as 4 amostras do ciclo de 2022/2023 (100%, 4 amostras), tal como observado em todo o monitoramento. Neste ponto, *E. coli* e cor aparente registraram desconformidade pontual, em 1 das 4 amostras do ciclo de 2022/2023 (25%), resultado similar ao do período anterior (**Figura 6-212)**.

No ponto PMQACH 399, do tipo SAI e captação subterrânea, embora ainda elevado, houve redução no percentual de violação para coliformes em 2022/2023 (86%, 6 de 7 amostras). *E. coli* registrou aumento no percentual de violação em 2022/2023 (71%, 5 de 7 amostras), em relação ao período anterior, assim como pH, com 100% das amostras do último ciclo em desconformidade (7 amostras). Pela primeira vez no monitoramento foi registrada desconformidade pontual para cor aparente em 2022/2023 (14%, 1 de 7 amostras) (**Figura 6-212)**.

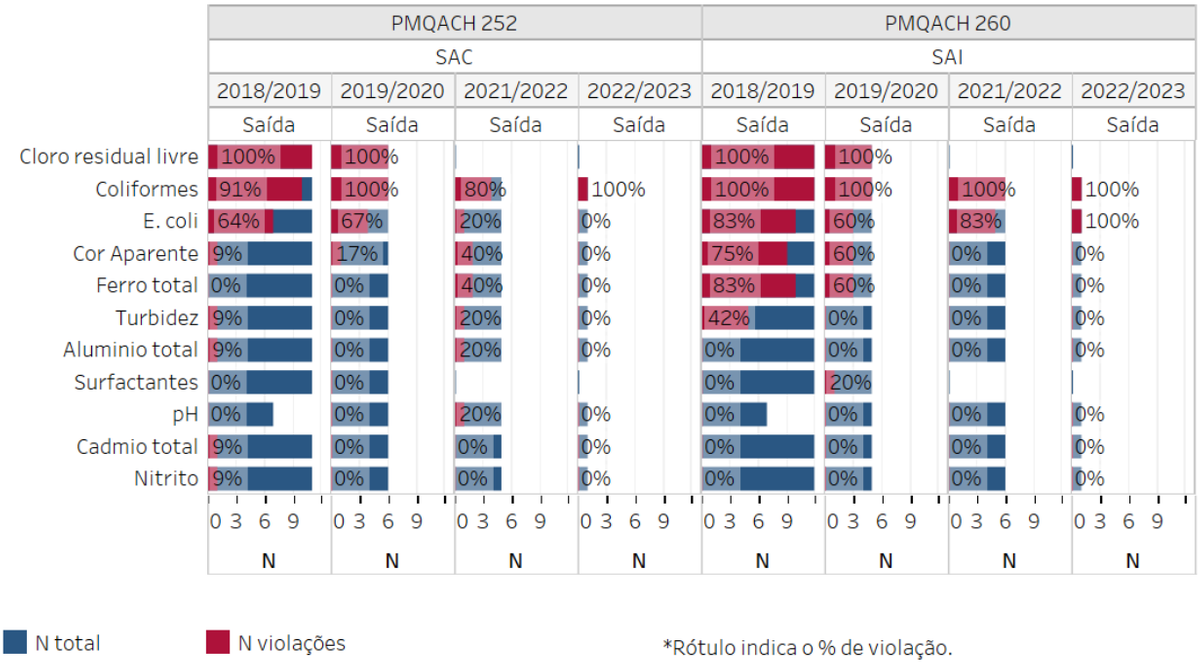
Figura 6-212 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 255, PMQACH 257, PMQACH 263 e PMQACH 399 localizados no município de Marilândia-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Os pontos de captação superficial (pontos PMQACH 252 e PMQACH 260) foram amostrados em apenas uma campanha no ciclo de 2022/2023 (**Figura 6-213).** O ponto PMQACH 252 apresentou, em 2022/2023, desconformidade para coliformes (100%, 1 amostra) e o ponto PMQACH 260, registrou desconformidade para coliformes e *E. coli* (100%, 1 amostra) (**Figura 6-213**).

Figura 6-213 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 252 e PMQACH 260, localizados no município de Marilândia-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



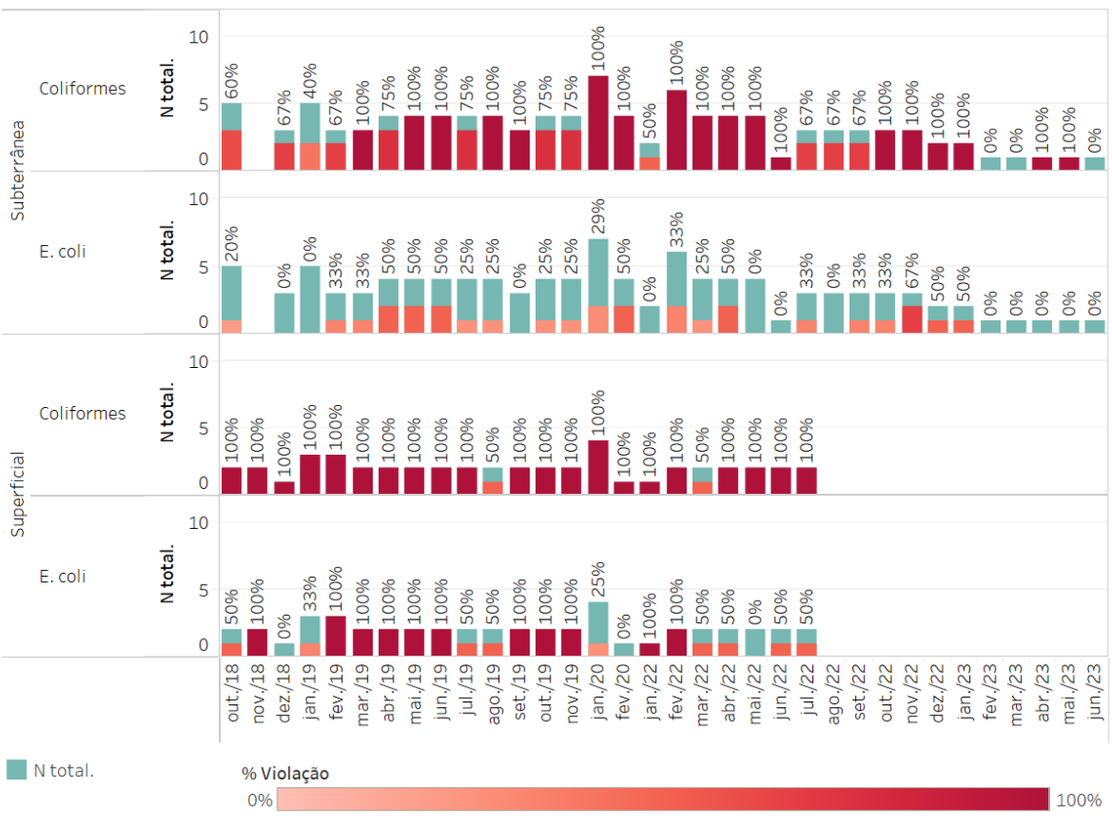
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.23.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Temporalmente, os pontos sem tratamento e de captação subterrânea no município de Marilândia registraram a presença de coliformes na maioria dos meses de monitoramento, com exceção de fevereiro, março e junho/2023 (**Figura 6-214**). Em menores percentuais, a presença de *E. coli* só não foi registrada em dezembro/2018, janeiro e setembro/2019, janeiro, maio, junho e agosto/2022 e fevereiro, março, abril, maio e junho/2023. (**Figura 6-214**). Não foi possível observar padrões sazonais nítidos de variação destes dois parâmetros em pontos de captação subterrânea.

Os pontos sem tratamento e de captação superficial registraram elevados percentuais de amostras no mês com a presença de coliformes e *E. coli*. Os percentuais de amostras com coliformes no mês variaram entre 50% e 100%, tendo sido registrada em todos os meses. A presença de *E. coli* somente não foi registrada em dezembro/2018, fevereiro/2020 e maio/2022. A presença do contaminante variou entre 25% e 100%. Nestes pontos também não foi possível observar padrões sazonais de variação de coliformes e *E. coli* (**Figura 6-214**).

Figura 6-214 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* avaliados na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de Marilândia-ES.



No município de Marilândia, no ciclo 2022/2023 os pontos PMQACH 255, 252 e 260 foram monitorados em apenas uma campanha, não sendo possível analisar estatisticamente as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados para estes pontos. Já os pontos PQMQACH 257, 263 e 399 foram devidamente analisados estatisticamente e o presente ciclo foi comparado com ciclos pretéritos. O ponto PMQACH 257 apresentou padrão de redução das concentrações dos parâmetros ferro total e sólidos dissolvidos totais em 2022/2023 em comparação aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-215**). Adicionalmente o ponto PMQACH 399 também exibiu padrão de redução dos parâmetros pH e turbidez. Por outro lado, o ponto PMQACH 263 apresentou apenas padrão de aumento nas concentrações de dureza total, ferro total e zinco total. Além disso, os demais pontos apresentaram aumento nas concentrações de bário total (PMQACH 257) e cor aparente (PMQACH 257 e 399) ($p < 0,05$) (**Figura 6-215**).

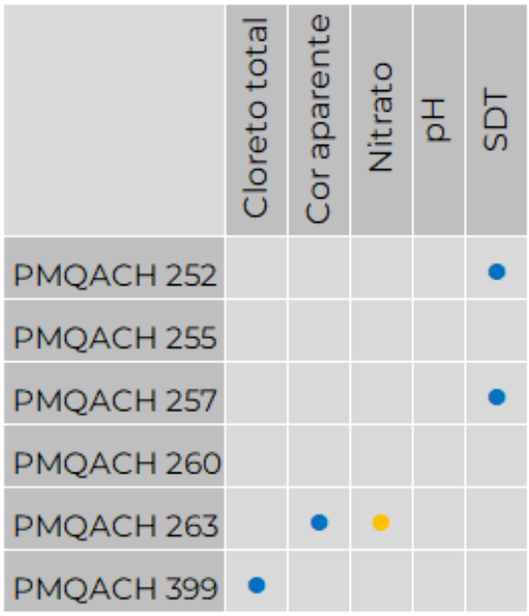
Figura 6-215 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Bário Total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 257	↑	↑	—	↓	—		↓		—	—
PMQACH 263			↑	↑					—	↑
PMQACH 399	—	↑				↓	—		↓	

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, foram poucos os parâmetros e pontos que apresentaram resultados significativos ($p < 0,05$), não sendo possível verificar um padrão geral para o município (**Figura 6-216**). As concentrações de cloreto total (PMQACH 399), cor aparente (PMQACH 263) e sólidos dissolvidos totais (PMQACH 252 e 257) apresentaram-se mais elevadas durante o período chuvoso, enquanto nitrato (PMQACH 263) apresentou concentração mais elevada durante o período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-216**).

Figura 6-216 - Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



- valores significativamente superiores no período chuvoso;
- valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

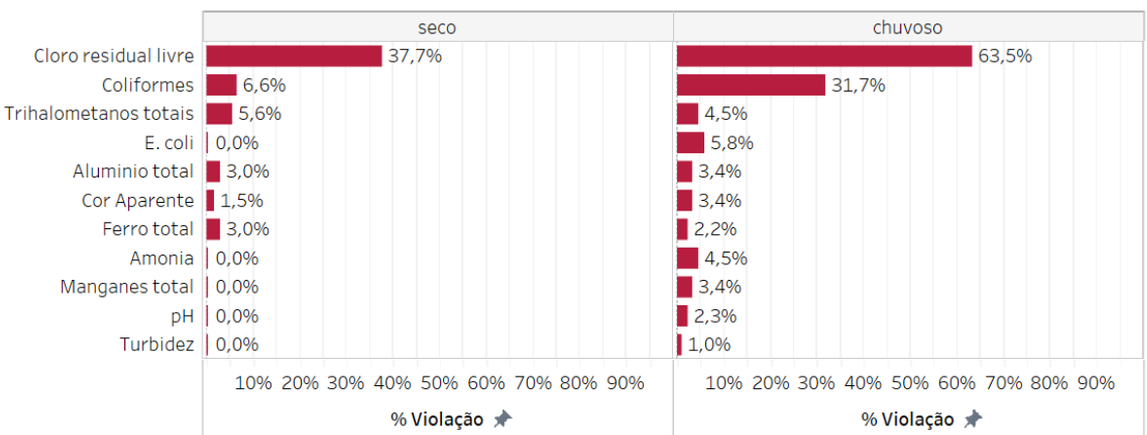
6.23.2 - Pontos com tratamento

6.23.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Marilândia-ES, no ponto com tratamento, destacam-se o cloro residual livre e os coliformes, por apresentarem elevados percentuais de violação para pelo menos um dos períodos (seco ou chuvoso) analisados. O cloro residual livre violou, no geral, o limite inferior legal estabelecido no Anexo XX da PRC n° 5/2017 para o parâmetro, devido à adição insuficiente de cloro na água durante o tratamento. A baixa concentração de cloro residual livre na água pode levar à contaminação por microrganismos, como foi observado com o elevado percentual de violação para coliformes, principalmente no período chuvoso (31,7% no período chuvoso e 6,6% no período seco) (**Figura 6-217**). Importante ressaltar que o ponto é monitorado apenas na saída do tratamento, e, portanto, os resultados observados para coliformes e cloro residual livre, indicam que o tratamento pode não estar sendo eficiente.

Ainda que em baixos percentuais, *E. coli*, amônia, manganês total, pH e turbidez, violaram os limites legais somente no período chuvoso (**Figura 6-217**). Com exceção do cloro residual livre e coliformes, os demais parâmetros apresentaram violação abaixo de 6% (**Figura 6-217).**

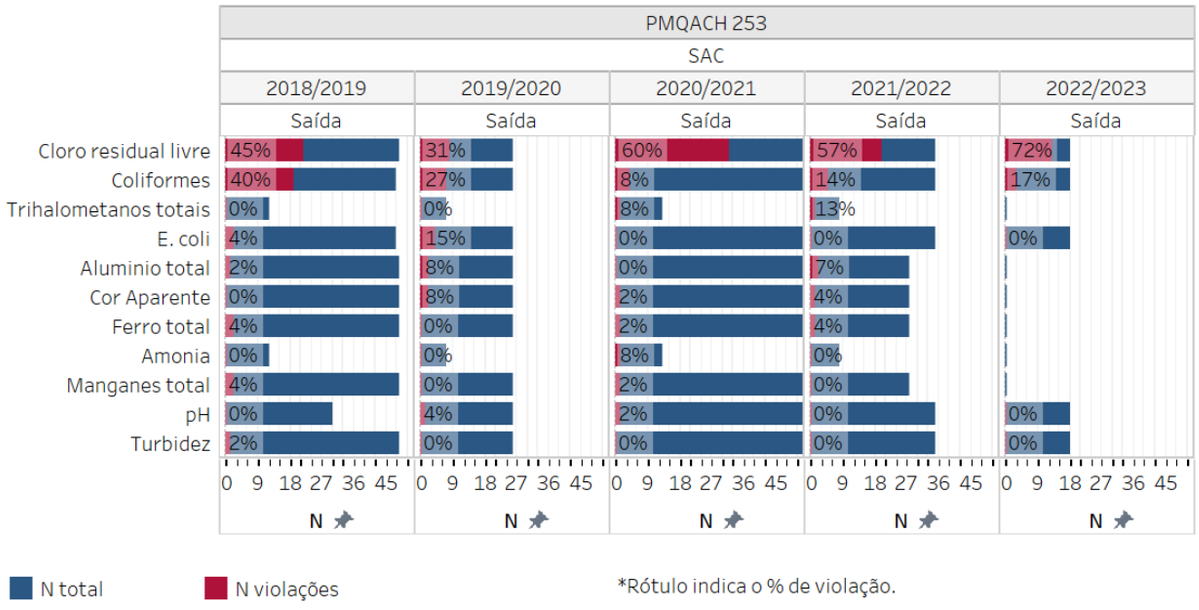
Figura 6-217 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento do município de Marilândia-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



O ponto PMQACH 253, apresenta abastecimento tipo SAC, captação superficial e monitoramento somente na saída.

No último ciclo (2022/2023), foram observadas desconformidades na saída do tratamento apenas para cloro residual livre (72%, 13 de 18 amostras) e coliformes (17%, 3 de 18 amostras), resultados que representam um aumento em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-218**).

Figura 6-218 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 253 localizado no município de Marilândia-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

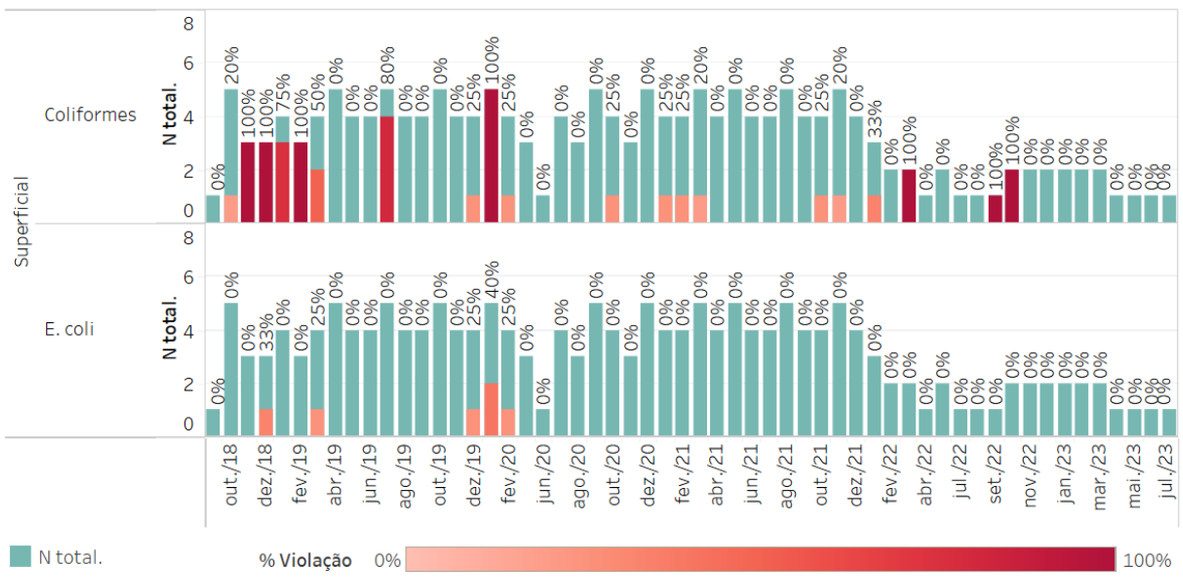


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.23.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

No ponto PMQACH 253 a presença de coliformes e *E. coli* ocorreu de forma pontual. Coliformes foi registrado em 20 dos 56 meses monitorados, com percentuais variando entre 20 e 100% das amostras do mês com a presença do microrganismo. A presença de *E. coli* foi registrada em 5 dos 56 meses monitorados, com percentuais variando entre 25 e 40%. Não foi observado um padrão sazonal nítido para *E. coli*. Por outro lado, foi possível observar um efeito da sazonalidade na variação dos coliformes, com maiores percentuais de violação ocorrendo em meses com maior incidência de chuva (**Figura 6-219**).

Figura 6-219 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída do ponto com tratamento, localizado no município de Marilândia-ES.



Dos parâmetros analisados no ponto PMQACH 253, bário, cloreto total e sódio total apresentaram concentrações mais elevadas, enquanto as concentrações de nitrato foram inferiores em 2022/2023 em comparação com os anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-220**).

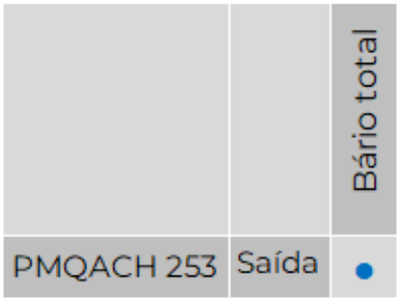
Figura 6-220 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Bário total	Dureza total	Cloreto total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 253	Saída	↑	—	↑	—	—	↓	—	↑	—	—

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, somente bário total apresentou padrões significativos, sendo que as concentrações foram mais elevadas durante o período chuvoso no ponto PMQACH 253 ($p < 0,05$) **(Figura 6-221**).

Figura 6-221 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.24 - Linhares

No município de Linhares-ES, foram considerados 39 (trinta e nove) pontos de monitoramento. Destes, 4 possuem tratamento e são do tipo Sistemas de Abastecimento de Água (SAA). Os demais não possuem tratamento, sendo 3 do tipo Solução Alternativa Coleta (SAC) e 32 do tipo Soluções Alternativas Individuais (SAI) (**Figura 6-222** e **Quadro 6-24**).

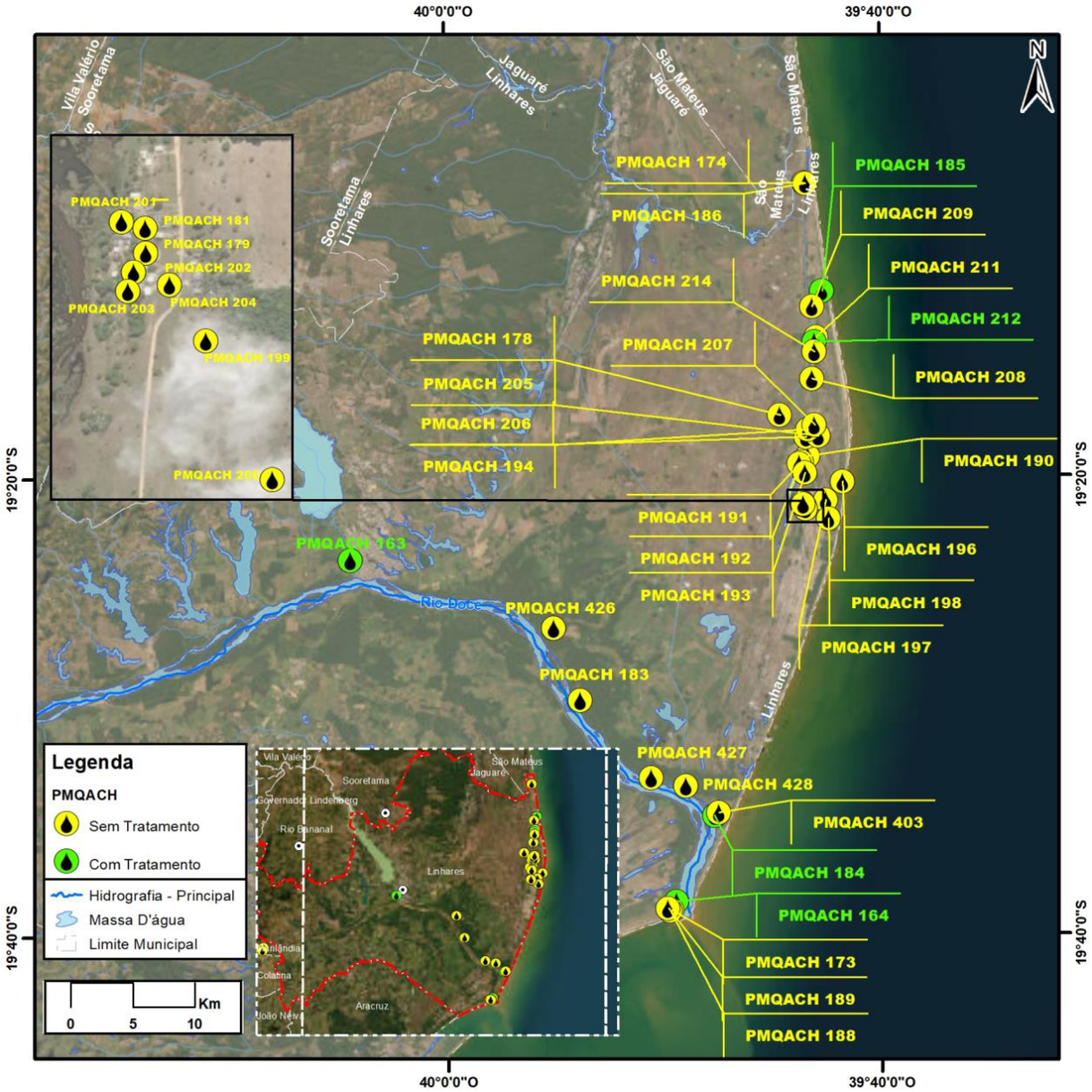
Quadro 6-24 - Características dos pontos do município de Linhares considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 173[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/11/2022
PMQACH 174[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/03/2022
PMQACH 178[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/04/2022
PMQACH 179[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/04/2022
PMQACH 181[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/03/2022
PMQACH 183[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 186[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 188[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/09/2022
PMQACH 189[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 190	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 191	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 192	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 193	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 194	Subterrânea	SAC	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 196[2)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/08/2022
PMQACH 197	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 198	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 199	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 200	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 201	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 202	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 203	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 204	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 205	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 206	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 207	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 208	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 209	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 211	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 212	Subterrânea	SAC	Não	Saída		Ativo
PMQACH 214	Subterrânea	SAC	Não	Saída		Ativo
PMQACH 403[1)]	Subterrânea	SAI	Não	Saída		17/05/2022
PMQACH 426	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 427	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 428	Subterrânea	SAI	Não	Saída		Ativo
PMQACH 163	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 164	Subterrânea	SAA	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 396/2008 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 184	Subterrânea	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo
PMQACH 185	Subterrânea	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo

1) Completou 24 coletas previstas na NT nº 54, Deliberação CIF nº 513.
Removido do monitoramento (ofício CIF-CT Saúde nº 85/2022).

Figura 6-222 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Linhares-ES.



6.24.1 - Pontos sem tratamento

6.24.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

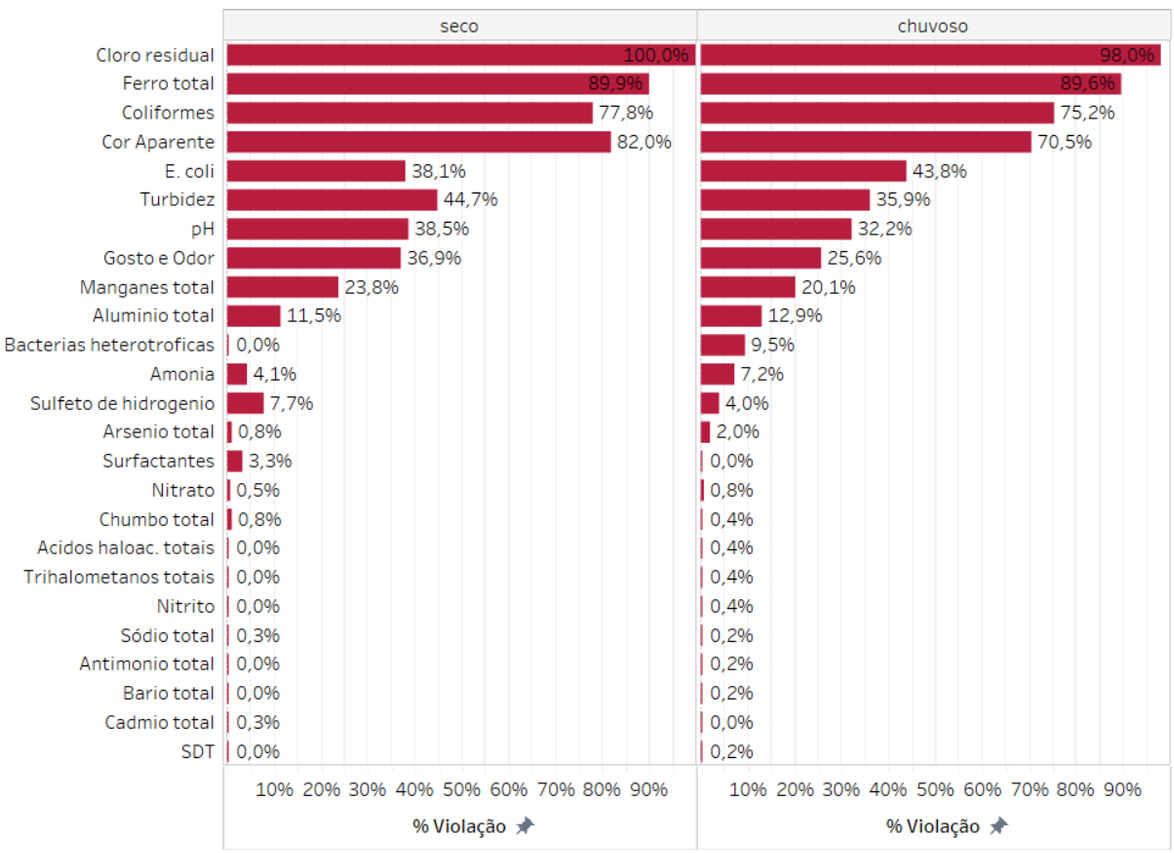
Para o município de Linhares-ES, destacam-se as violações do cloro residual, ferro total, coliformes e cor aparente por apresentarem mais de 70% de violação para os períodos seco e chuvoso (**Figura 6-223**). Cloro residual apresentou 100% de violação no período seco e 98% de violação no período chuvoso. Este parâmetro, no geral, violou o limite legal inferior, apresentando concentrações abaixo do preconizado pela legislação, o que era esperado, dado que os pontos não apresentam tratamento de água. Reforça-se, no entanto, que a partir de janeiro de 2022, com a primeira revisão bianual do PMQACH, o cloro residual deixou de ser monitorado. Os elevados percentuais de violação observados referem-se à períodos pretéritos à esta revisão.

A ausência de adição de cloro nos pontos sem tratamento e, consequentemente, as concentrações baixas ou inexistência de cloro, ajudam a explicar a contaminação por coliformes (77,8% de violação no período seco e 75,2% no período chuvoso) e *E. coli* (38,1% de violação no período seco e 43,8% no período chuvoso) (**Figura 6-223**). A presença *E. coli* nas amostras indica relação com contaminação fecal da água provenientes de esgoto doméstico ou criação de animais. Embora contemple um grande grupo de bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, a presença de coliformes também é em alerta para possível exposição da fonte a focos de poluição ou contaminação. De acordo com o IBGE (2010), 66,7% do município de Linhares possui esgotamento sanitário adequado. Comparando-o com os municípios do Espírito Santo (total de 78 municípios), Linhares ocupa a 25ª posição entre os municípios com maior taxa de esgotamento sanitário adequado, sendo que a 1ª posição corresponde ao município com maior taxa de esgotamento sanitário adequado do estado. A ausência de tratamento adequado de esgoto (em aproximadamente 40% do município) pode ajudar a explicar a contaminação por coliformes e *E. coli*, dois parâmetros indicados como prioritários para gestão da qualidade da água na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021).

Ferro total apresentou 89,9% de violação no período seco e 89,6% no período chuvoso. O elevado percentual de concentração de ferro na água pode ser explicado pela presença deste parâmetro de forma natural nas rochas e nos solos da bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021) (**Figura 6-223)**.

Não foi observada diferença clara nos percentuais de violação entre os períodos seco e chuvoso. Ademais, 15 dos 25 parâmetros que registraram desconformidade apresentaram percentual de violação inferior a 10% (**Figura 6-223**).

Figura 6-223 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Linhares-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Trinta e cinco pontos sem tratamento de água foram monitorados, todos com captação subterrânea, sendo que 32 possuem abastecimento tipo SAI e 2 possuem abastecimento tipo SAC. Com relação aos pontos PMQACH 173, 174, 178 e 179 destacam-se os elevados percentuais de violação para ferro total e cor aparente (acima de 88% em todos os pontos) (**Figura 6-224**).

No ponto PMQACH 173, no último ciclo de 2022/2023, ferro total, cor aparente, coliformes e manganês total apresentaram 100% de violação (4 amostras), percentual tão elevado quanto o observado em períodos anteriores. Turbidez apresentou pequena redução no percentual desconforme em 2022/2023 (75%, 3 de 4 amostras) em relação ao período anterior. Amônia, pH e gosto e odor apresentaram violação pontual de 25% (1 de 4 amostras) (**Figura 6-224**).

No ponto PMQACH 174, ferro total e cor aparente apresentaram desconformidade em todas as amostras do último ciclo (100%, 4 amostras), tal como observado nos dois ciclos anteriores. Coliformes registou 63% de violação nas amostras do período do 2022/2023 (5 de 8 amostras), percentual similar ao do ciclo anterior. Destaca-se ainda pequena redução no percentual de violação para pH em 2022/2023 (38%, 3 de 8 amostras) em relação ao período anterior. Por outro lado, houve aumento no percentual de violação para *E. coli* (25%, 2 de 8 amostras). Gosto e odor registrou desconformidade pontual pela primeira vez no monitoramento em 2022/2023 (13%, 1 de 8 amostras) (**Figura 6-224**).

O ponto PMQACH 178 registrou 100% de violação para ferro total, coliformes, cor aparente e pH (100%, 9 amostras), sendo que para coliformes e pH os resultados de 2022/2023 representarm um aumento substancial no percentual desconforme em relação ao ciclo anterior. Também houve aumento no percentual de violação para *E. coli* (56%, 5 de 9 amostras), turbidez (44%, 4 de 9 amostras) e alumínio total (22%, 2 de 9 amostras), em relação a períodos anteriores. Gosto e odor registrou desconformidade pela primeira vez no monitoramento em 2022/2023 (22%, 2 de 9 amostras) (**Figura 6-224**).

Em 2022/2023, o ponto PMQACH 179 registrou 88% de violação para ferro total e coliformes (7 de 8 amostras) e 100% para cor aparente (8 amostras), percentuais tão elevados quanto o do ciclo anterior (acima de 80%). *E. coli* e pH registraram em 2022/2023 63% de violação (5 de 8 amostras), resultado que representou um aumento em relação ao ciclo anterior. Gosto e odor, alumínio total e manganês total registaram violação pontual de 13% (1 de 8 amostras) (**Figura 6-224**).

Figura 6-224 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 173, PMQACH 174, PMQACH 178 e PMQACH 179, localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

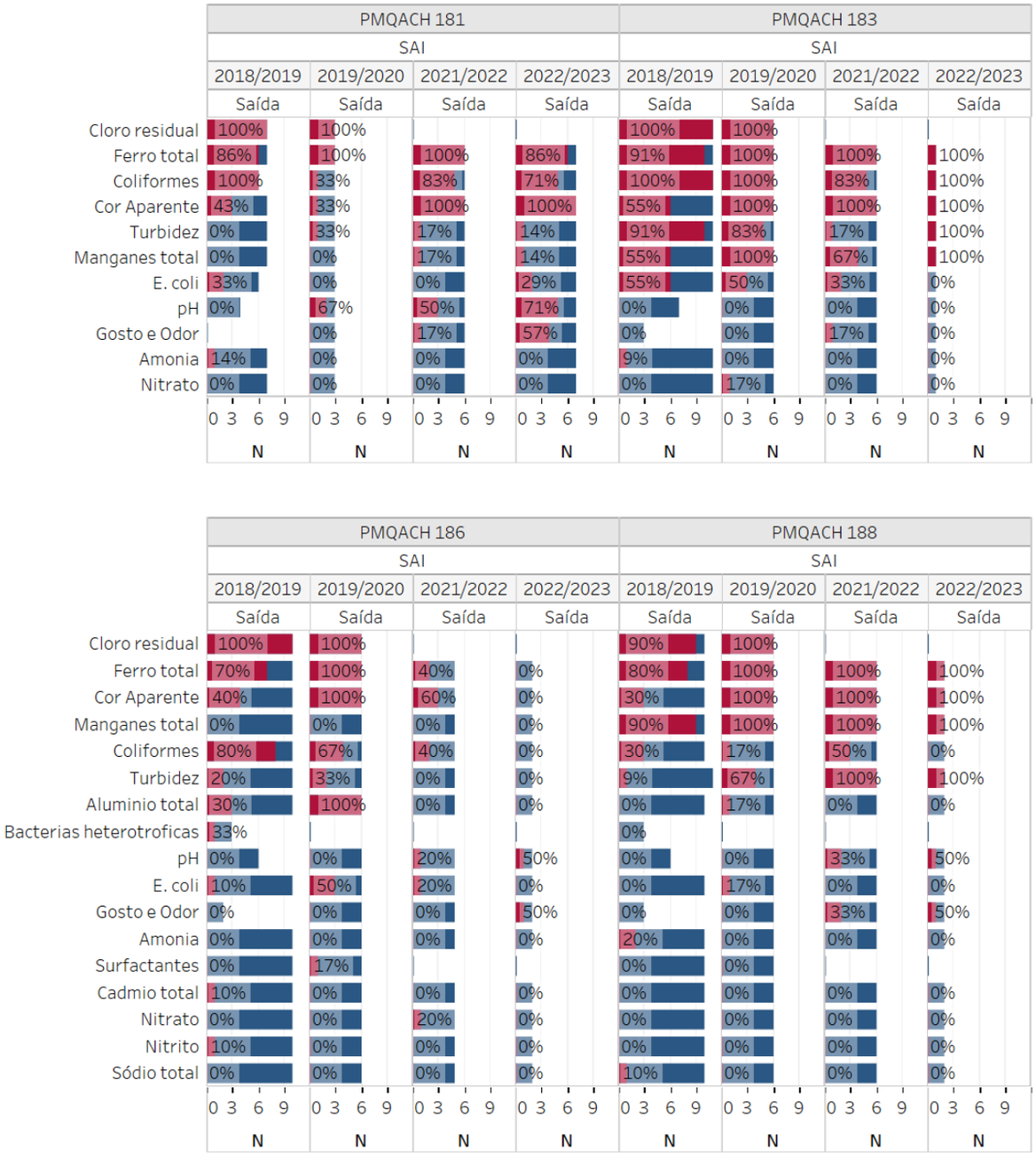
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 181, cor aparente registrou desconformidade em todas as amostras do ciclo de 2022/2023 (100%, 7 amostras). Neste mesmo período, foi observada redução no percentual de violação para ferro total (86%, 6 de 7 amostras), coliformes (71%, 5 de 7 amostras). Por outro lado, foi observado aumento no percentual de violação para *E. coli* (29%, 2 de 7 amostras), pH (71%, 5 de 7 amostras) e gosto e odor (57%, 4 de 7 amostras). Registros de violação pontual foram observados para turbidez e manganês total (14%, 1 de 7 amostras), tal qual o ciclo anterior (**Figura 6-225**).

No ponto PMQACH 183, foi realizada apenas uma amostragem no ciclo de 2022/2023. Nesta campanha, os parâmetros ferro total, coliformes, cor aparente, turbidez e manganês total apresentaram desconformidade (100%, 1 amostra). No ponto PMQACH 186 nas duas amostragens realizadas no ciclo de 2022/2023, apenas pH e gosto e odor registraram desconformidade (50%, 1 de 2 amostras) (**Figura 6-225**).

No ponto PMQACH 188, também foram realizadas apenas 2 campanhas no ciclo de 2022/2023. Neste período, os parâmetros ferro total, cor aparente, turbidez e manganês total apresentaram 100% de violação (100%, 2 amostras). Além destes, pH e gosto e odor também registraram desconformidade (50%, 1 de 2 amostras) (**Figura 6-225**).

Figura 6-225 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 181, PMQACH 183, PMQACH 186 e PMQCH 188 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 189 foi realizada apenas uma amostragem no ciclo de 2022/2023. Nesta campanha, pH apresentou desconformidade (100%, 1 amostra).

No ponto PMQACH 190 ferro total e cor aparente mantiveram, no último ciclo, o mesmo percentual de violação do período anterior (100%, 11 amostras). Coliformes que não havia registrado desconformidade em 2021/2022, registrou violação de 18% em 2022/2023 (2 de 11 amostras). Também apresentou aumento no percentual de violação em 2022/2023 os parâmetros pH e gosto e odor, ambos com 82% (9 de 11 amostras). Turbidez registrou pequena redução no percentual desconforme em 2022/2023 (45%, 5 de 11 amostras) em relação ao ciclo anterior. Alumínio total registrou desconformidade pela primeira vez no monitoramento em 2022/2023 (27%, 3 de 11 amostras) (**Figura 6-226**).

No ponto PMQACH 191, ferro total e cor aparente registraram desconformidade em todas as amostras do ciclo de 2022/2023 (100%, 12 amostras). Neste mesmo período pH registrou 92% de violação (11 de 12 amostras), resultado que representa um aumento em relação ao ciclo anterior. Coliformes, alumínio total e gosto e odor registaram, pela primeira vez no monitoramento, em 2022/2023, violação de 33% (4 de 12 amostras), 25% (3 de 12 amostras) e 17% (2 de 12 amostras), respectivamente (**Figura 6-226**).

No ponto PMQACH 192, em 2022/2023, cor aparente e pH, registraram 100% das amostras do período em desconformidade (12 amostras). Para o pH, o resultado representou um aumento substancial no percentual de violação em relação ao ciclo anterior (40%). Também apresentou aumento no percentual de violação em 2022/2023 em relação ao ciclo anterior, os parâmetros coliformes (75%, 9 de 12 amostras) e gosto e odor (58%, 7 de 12 amostras). Mantiveram percentuais semelhantes ao do ciclo anterior os parâmetros ferro total com 92% de violação (11 de 12 amostras) e alumínio total com 83% (10 de 12 amostras). Turbidez, por outro lado apresentou redução no percentual desconforme de 2022/2023 (58%, 7 de 12 amostras) em relação ao ciclo anterior. Por fim, destaca-se *E. coli* que, pela primeira vez no monitoramento, registrou violação a legislação em 3 das 12 amostras do período (25%) (**Figura 6-226**).

Figura 6-226 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 189, PMQACH 190, PMQACH 191 e PMQACH 192 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Como característica geral, os pontos PMQACH 193, 196, 197 e 198, apresentaram 100% de violação para coliformes no último ciclo monitorado (2022/2023). Além disso, os pontos PMQACH 193, 196 e 198 também apresentaram 100% de violação para turbidez e cor aparente (**Figura 6-227**).

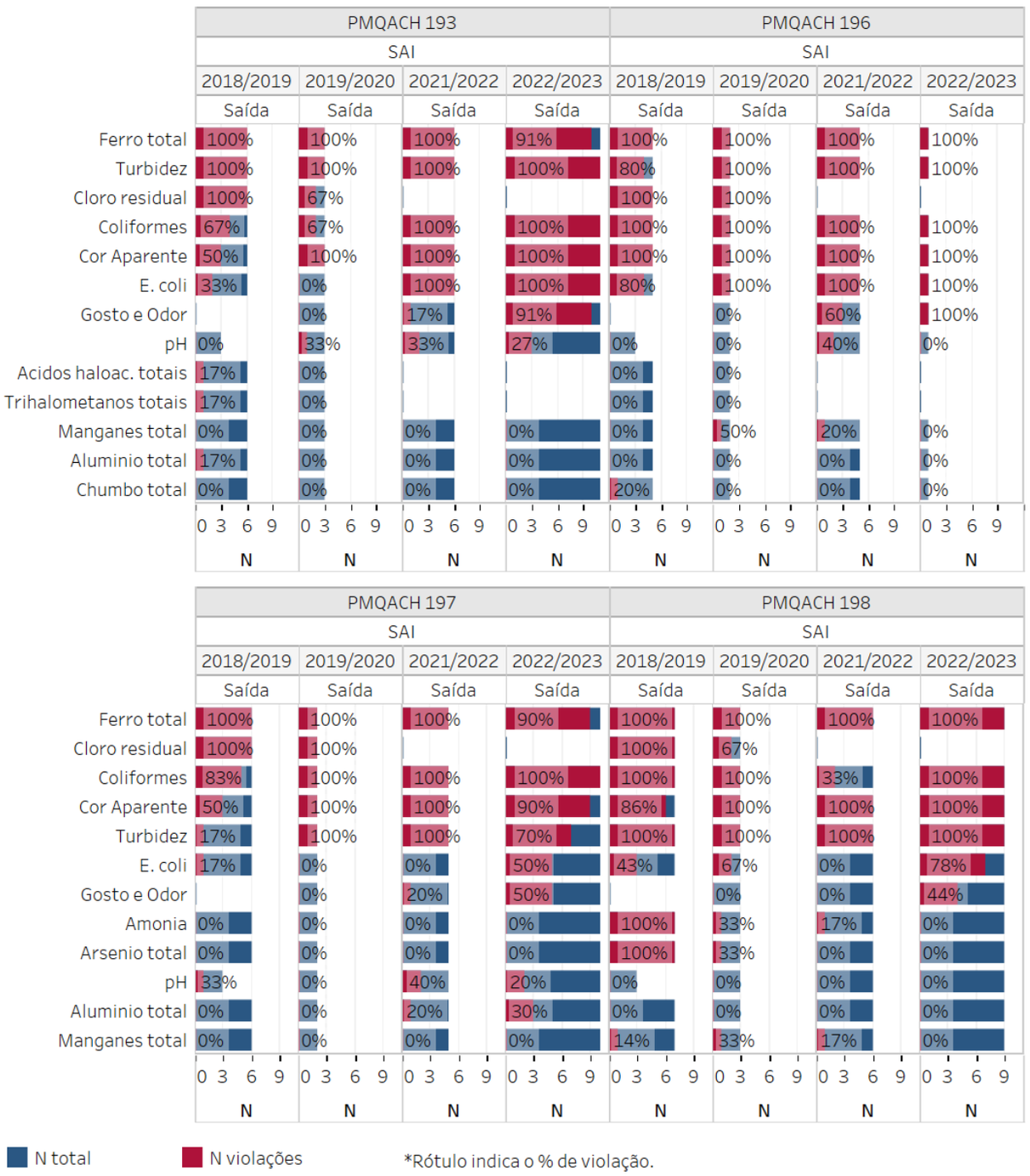
Destaca-se ainda no ponto PMQACH 193, em 2022/2023, 100% de violação para os parâmetros *E. coli* (11 amostras) e 91% para ferro total e gosto e odor (10 de 11 amostras). pH apresentou 3 das 11 amostras do último ciclo em desconformidade (27% de violação) (**Figura 6-227**).

No ponto PMQACH 196 foi realizada apenas uma amostragem no ciclo de 2022/2023. Nesta campanha foi registrada violação para ferro total, turbidez, coliformes, cor aparente*, E. coli* e gosto e odor (100%, 1 amostra) (**Figura 6-227**).

No ponto PMQACH 197, além de coliformes, que apresentou 100% de das amostras do ciclo de 2022/2023 em desconformidade (10 amostras), destacam-se ainda, elevados percentuais de violação para ferro total e cor aparente (90%, 9 de 10 amostras). No último ciclo, turbidez apresentou redução no percentual de violação (70%, 7 de 10 amostras), assim como pH (20%, 2 de 10 amostras). Foi observado aumento no percentual desconforme para *E. coli* e gosto e odor (50%, 5 de 10 amostras) e alumínio total (30%, 3 de 10 amostras) (**Figura 6-227**).

No ponto PMQACH 198 os parâmetros ferro, cor aparente, turbidez e coliformes registraram 100% das amostras do último ciclo em desconformidade com a legislação (9 amostras). Para coliformes, o resultado representou um aumento significativo em relação ao ciclo anterior, enquanto os demais mantiveram o percentual. *E. coli* que havia apresentado conformidade no ciclo de 2021/2022, registrou 78% de violação em 2022/2023 (7 de 9 amostras). Gosto e odor registrou desconformidade pela primeira vez no monitoramento em 2022/2023 (44%, 4 de 9 amostras) (**Figura 6-227**).

Figura 6-227 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 193, PMQACH 196, PMQACH 197 e PMQACH 198 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Os pontos PMQACH 199, 200, 201 e 202 apresentaram de modo geral elevados percentuais de violação para ferro total, cor aparente e coliformes (**Figura 6-228**).

O ponto PMQACH 199 apresentou, em 2022/2023, 92% de violação para ferro total e cor aparente (11 de 12 amostras), percentual tão elevado quando o do ciclo anterior. Foi observado aumento no percentual de violação em 2022/2023, em relação ao ciclo anterior para coliformes (50%, 6 de 12 amostras), gosto e odor (8 de 12 amostras) e *E. coli* (17%, 2 de 12 amostras). Alumínio total apresentou violação pontual pela primeira vez no monitoramento (8% 1 de 12 amostras) (**Figura 6-228**).

O ponto PMQACH 200 apresentou, em 2022/2023, 100% de violação ferro total, cor aparente e coliformes (12 amostras), percentual tão elevado quanto o observado no ciclo anterior. Para pH e gosto e odor foi registrado no último ciclo, percentual de violação de 42% (5 de 12 amostras), resultado que representa um aumento em relação ao ciclo anterior. *E. coli* repetiu, em 2022/2023 o mesmo percentual de violação do ciclo anterior (17%, 2 de 12 amostras) (**Figura 6-228**).

No ponto PMQACH 201, ferro total, coliformes, cor aparente e *E. coli* registraram violação em todas as amostras do ciclo de 2022/2023 (100%, 6 amostras), mesmo percentual do ciclo anterior. Gosto e odor registrou um aumento no percentual de violação de 2022/2023 (92%, 11 de 12 amostras) em relação ao ciclo anterior, assim como turbidez, com 42% (5 de 12 amostras). Por outro lado, as violações observadas para pH (17%, 2 de 12 amostras) e manganês total (8%, 1 de 12 amostras), representaram uma redução no percentual desconforme em relação ao ciclo anterior. Alumínio registrou, pela primeira vez no monitoramento, violação em 2 das 12 amostras do ciclo de 2022/2023 (17%) (**Figura 6-228**).

No ponto PMACH 202, em 2022/2023, ferro total e cor aparente violaram todas as 12 amostras do ciclo de 2022/2023 (100%, 12 amostras), padrão similar ao de ciclos anteriores em que foram observados elevados percentuais de violação. No ciclo de 2022/2023, foi observado aumento no percentual desconforme para gosto e odor (67% 8 de 12 amostras) e pH (25%, 3 de 12 amostras). *E. coli*, manteve, em 2022/2023 o mesmo percentual de violação

do ciclo anterior (67%, 8 de 12 amostras). Manganês total e alumínio total que haviam apresentado conformidade em 2021/2022, registraram percentuais de violação de 17% (2 de 12 amostras) e 8% (1 de 12 amostras) em 2022/2023, respectivamente (**Figura 6-228**).

Figura 6-228 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 199, PMQACH 200, PMQACH 201 e PMQACH 202 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

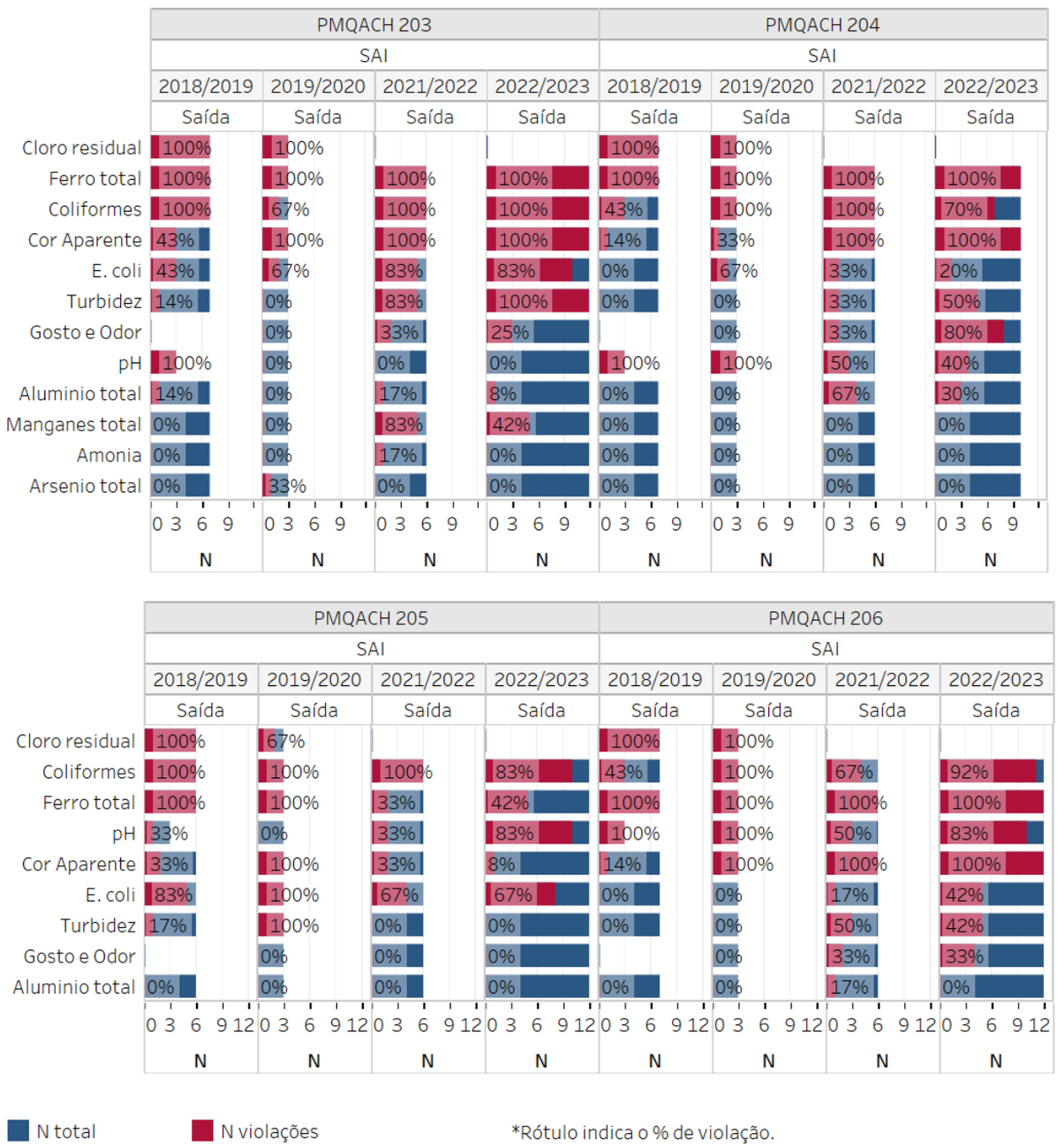
No ponto PMQACH 203, ferro total, coliformes, cor aparente e turbidez foram os parâmetros que apresentaram violação em todas as amostras do ciclo de 2022/2023 (100%, 12 amostras). *E. coli* também apresentou elevado percentual de violação, 83% (10 de 12 amostras), mesmo percentual do clico anterior. Apresentaram redução no percentual de violação os parâmetros gosto e odor (25%, 3 de 12 amostras), alumínio total (8%, 1 de 12 amostras) e manganês total (42%, 5 de 12 amostras) (**Figura 6-229**).

No ponto PMQACH 204, em 2022/2023, ferro e cor aparente apresentaram concentrações que ultrapassaram os limites legais em todas as amostras do período (100%, 10 amostras), mesmo padrão do ciclo anterior. Entre os parâmetros cujas violações do ciclo de 2022/2023 foram superiores em relação ao período anterior destacam-se: turbidez (50%, 5 de 10 amostras) e gosto e odor (80%, 8 de 10 amostras). Por outro lado, entre os parâmetros que apresentaram redução no percentual desconforme de 2022/2023 em relação ao período anterior estão: coliformes (70%, 7 de 10 amostras), *E. coli* (20%, 2 de 10 amostras), pH (40%, 4 de 10 amostras) e alumínio total (40%, 4 de 10 amostras) (**Figura 6-229**).

No ponto PMQACH 205, em 2022/2023, coliformes e pH registraram violação em 83% das amostras do período (10 de 12 amostras), sendo que para pH o resultado representou um aumento no percentual desconforme em relação ao período anterior. Ferro total, em 2022/2023 também apresentou aumento no percentual de violação em relação ao ciclo anterior, com 42% (5 de 12 amostras). *E. coli* manteve no último ciclo o mesmo percentual do ciclo anterior (67%, 8 de 12 amostras) (**Figura 6-229**).

No ponto PMQACH 206, destacam-se as concentrações de ferro total e cor aparente que ultrapassaram os valores máximos permitidos em todas as amostras do ciclo de 2022/2023 (100%, 12 amostras), tal como observado no período anterior. Neste mesmo período, violações observadas para pH (83%, 10 de 12 amostras), coliformes (92%, 11 de 12 amostras) e *E. coli* (42%, 5 de 12 amostras) superaram os resultados do ciclo anterior (**Figura 6-229**).

Figura 6-229 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 203, PMQACH 204, PMQACH 205 e PMQACH 206 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Os pontos PMQACH 207, 209 e 211 apresentaram elevados percentuais de violação para coliformes, ferro total, gosto e odor e cor aparente no ciclo de 2022/2023 (com percentuais variando entre 92% e 100%) (**Figura 6-230**).

No ponto PMQACH 207, além dos parâmetros já mencionados, destacam-se ainda em 2022/2023, aumento nos percentuais de violação para pH (40%, 4 de 10 amostras), alumínio total (50%, 5 de 10 amostras) e *E. coli* (80%, 8 de 10 amostras), em relação ao ciclo anterior. Turbidez por outro lado, apresentou redução no percentual desconforme em 2022/2023 (50%, 5 de 10 amostras) (**Figura 6-230**).

No ponto PMQACH 209, destaca-se ainda, em 2022/2023, aumento no percentual de violação para *E. coli* (58%, 7 de 12 amostras) e redução no percentual de violação de manganês total (83%, 10 de 12 amostras). Turbidez apresentou 67% de amostras em desconformidade em 2022/2023 (8 de 12 amostras), mesmo percentual do período anterior.

No ponto PMQACH 211, cabe ainda destaque nos resultados de 2022/2023, o aumento no percentual de violação de *E. coli* (58%, 7 de 12 amostras), e redução no percentual de violação de turbidez (42%, 5 de 12 amostras). Manganês total e pH apresentaram violação pontual em apenas 1 das 12 amostras do período (8%) (**Figura 6-230**).

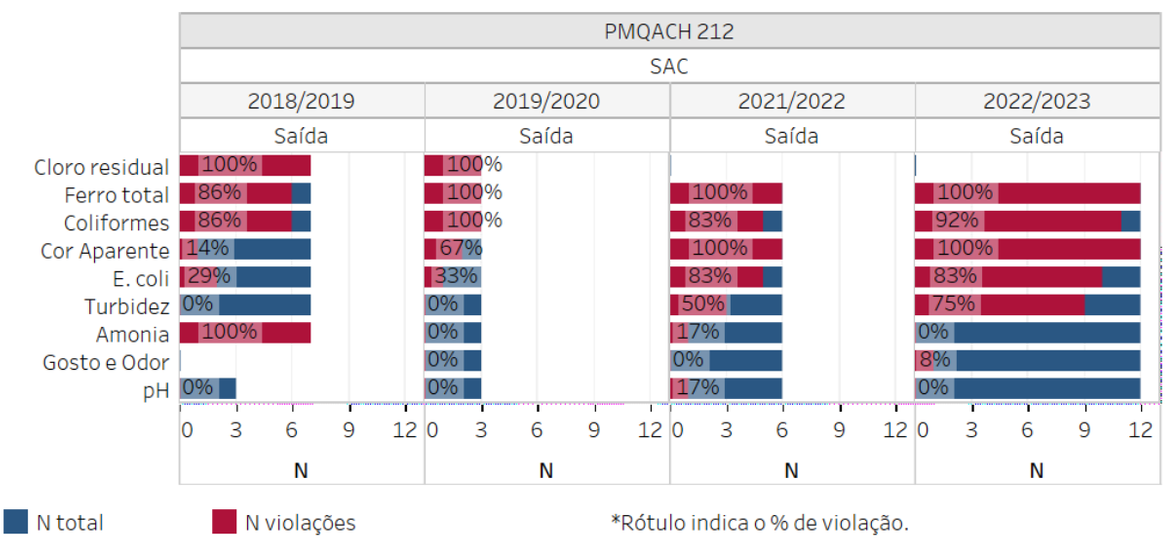
No ponto PMQACH 208, os maiores percentuais de violação em 2022/2023, foram observados para os parâmetros coliformes (83%, 10 de 12 amostras) e pH e alumínio total (ambos com 92%, 11 de 12 amostras). Neste mesmo período observou-se redução no percentual de violação para ferro total (50%, 6 de 12 amostras), cor aparente (42%, 5 de 12 amostras), gosto e odor (8%, 1 de 12 amostras), turbidez (25%, 3 de 12 amostras) e manganês total (8%, 1 de 12 amostras) em relação ao período anterior (**Figura 6-230**).

Figura 6-230 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 207, PMQACH 208, PMQACH 209 e PMQACH 211 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 212, os parâmetros ferro total, coliformes, cor aparente e *E. coli* apresentaram, em 2022/2023, elevados percentuais de violação (acima de 80%), tal como observado no ciclo anterior. Turbidez registrou aumento no percentual desconforme de 2022/2023 (75%, 9 de 12 amostras) em relação 2021/2022. Gosto e odor registrou violação pontual, pela primeira vez no monitoramento (8%, 1 de 12 amostras) (**Figura 6-231**).

Figura 6-231 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 212 localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

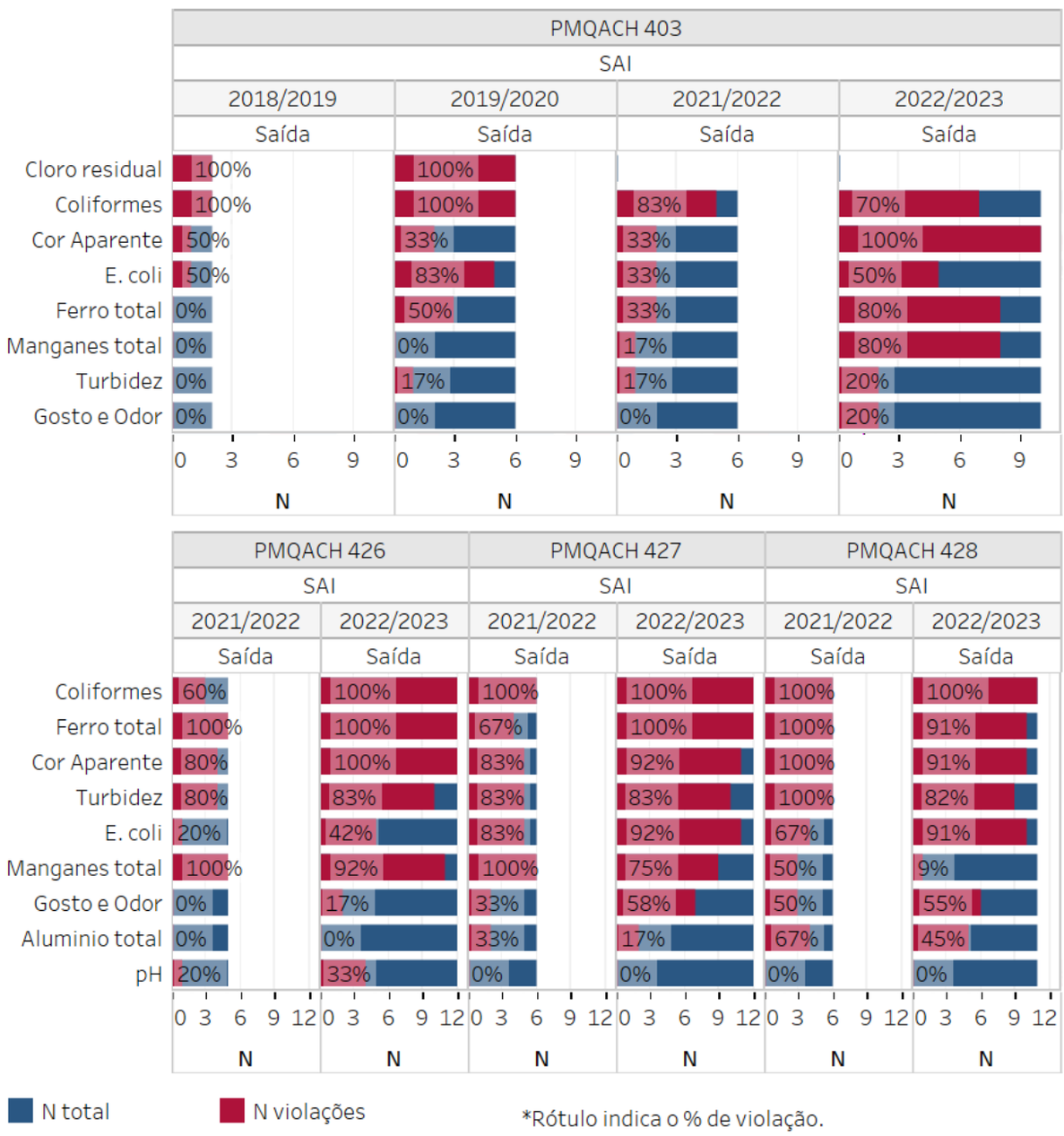


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 403, em 2022/2023, destacam-se os elevados percentuais de violação para os parâmetros cor aparente (100%, 10 amostras), ferro total e manganês total (80%, 8 de 10 amostras), superiores aos percentuais do ciclo anterior. Embora em menores percentuais, os resultados da conformidade legal dos parâmetros *E. coli* (50% 5 de 10 amostras) e turbidez (20%, 2 de 10 amostras) em 2022/2023, também superaram os resultados do ciclo anterior (**Figura 6-232**).

Em PMQACH 426, 427 e 428 destacam-se os elevados percentuais de violação para os parâmetros coliformes (100%), ferro total (entre 91% e 100%), cor aparente (entre 91% e 100%) e turbidez (entre 82% e 83%), que no geral foram tão elevados quanto os do período anterior (**Figura 6-232**).

Figura 6-232 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 403, PMQACH 426, PMQACH 427 e PMQACH 428 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

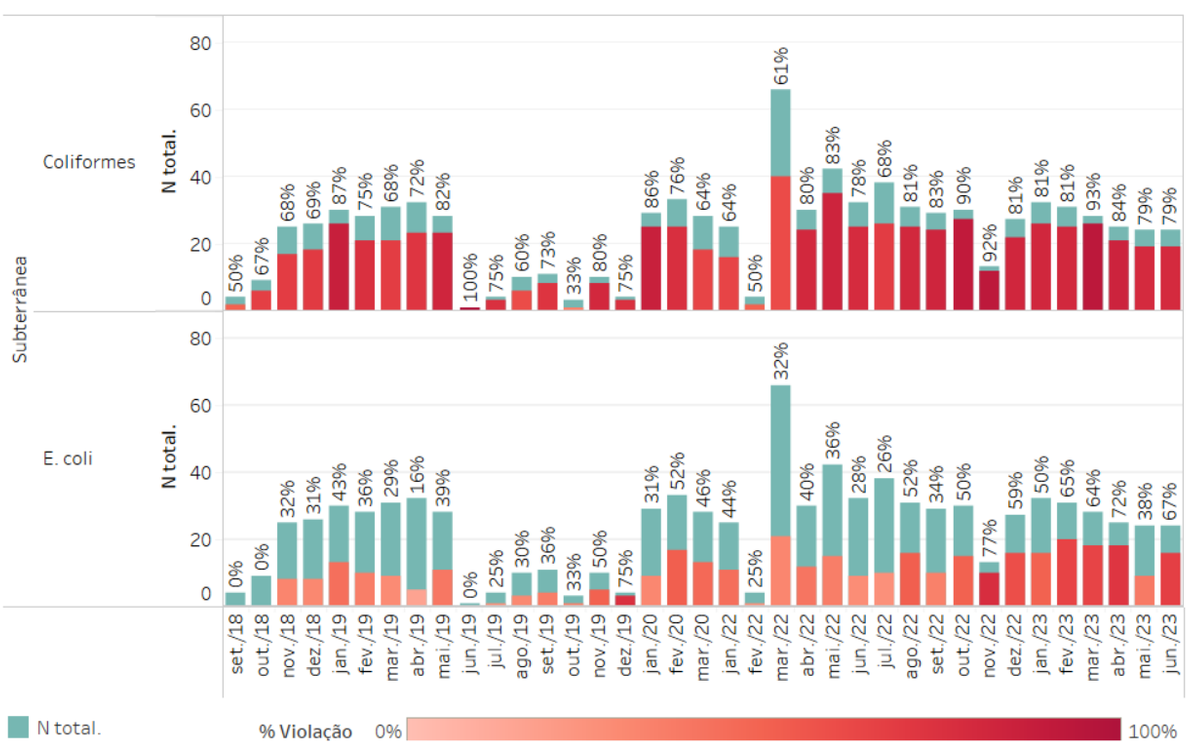


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.24.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Nos pontos sem tratamento e com captação subterrânea, a presença de coliformes *f*oi registrada em todos os meses de monitoramento (**Figura 6-233**). A presença de *E. coli* somente não foi registrada em setembro e outubro/2018 e junho/2019. Não foi identificado um padrão temporal ou sazonal evidente para a presença destes contaminantes.

Figura 6-233 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de Linhares-ES.



No município de Linhares, no ciclo 2022/2023 os pontos PMQACH 183, 189 e 196 foram monitorados em apenas uma campanha e os pontos 186 e 188 em apenas duas campanhas, não sendo possível analisar estatisticamente as tendências temporais dos demais parâmetros avaliados para estes pontos. Entre os pontos sem tratamento analisados estatisticamente, de maneira geral, sólidos dissolvidos totais apresentou redução das concentrações em quase todos os pontos em relação aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-234 e Figura 6-235**).

Adicionalmente os parâmetros bário total, cloreto total e sódio total também apresentaram uma diminuição em suas concentrações em diversos pontos, mas com aumentos pontuais em outros. Bário total apresentou aumento nos pontos PMQACH 173, 192 e 403 e sódio total nos pontos PMQACH 203 e 403. Já as concentrações de ferro, manganês e nitrato demonstraram padrões tanto de aumento quanto de redução a depender do ponto analisado ($p < 0,05$) (**Figura 6-234 e Figura 6-235**). Pontualmente, cor aparente exibiu um padrão de redução no ponto PMQACH 197, dureza total de redução nos pontos PMQACH 179, 192 e 208 e aumento nos pontos PMQACH 173, 203 e 403, turbidez de redução em PMQACH 173 e 193 e de aumento no ponto PMQACH 204 e PMQACH 212 ($p < 0,05$) (**Figura 6-234 e Figura 6-235**). Além disso, destaca-se um aumento em diversos pontos nas concentrações de alumínio e zinco total e pontualmente nos valores de pH (PMQACH 202, 207, 212 e 403) no último ciclo avaliado 2022/2023 em relação aos períodos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-234 e Figura 6-235**).

Figura 6-234 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Alumínio total	Bário Total	Cor aparente	Cloreto total	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 173		↑			↑		—			—	—	↓	
PMQACH 174				↓	—		↓	—		↓	↓	—	↑
PMQACH 178				—		↑				↓			
PMQACH 179					↓			↓	—	↓			—
PMQACH 181	—				—		↑			↓		—	
PMQACH 190	↑			↓	—	—		↓		↓		—	
PMQACH 191	↑	↓			—	↓				↓		—	↑
PMQACH 192	↑	↑		↓	↓	↓	↓	—		↓		—	↑
PMQACH 193		↓		↓	—	—		↓		↓	—	↓	↑
PMQACH 197		↓	↓	↓	—	↓				↓		—	↑
PMQACH 198	↑	—					↓	↓	—				—
PMQACH 199				↓				↓		↓			↑
PMQACH 200	↑	↓			—	↓	↓	↓		—		—	—

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Figura 6-235 – (continuação) - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

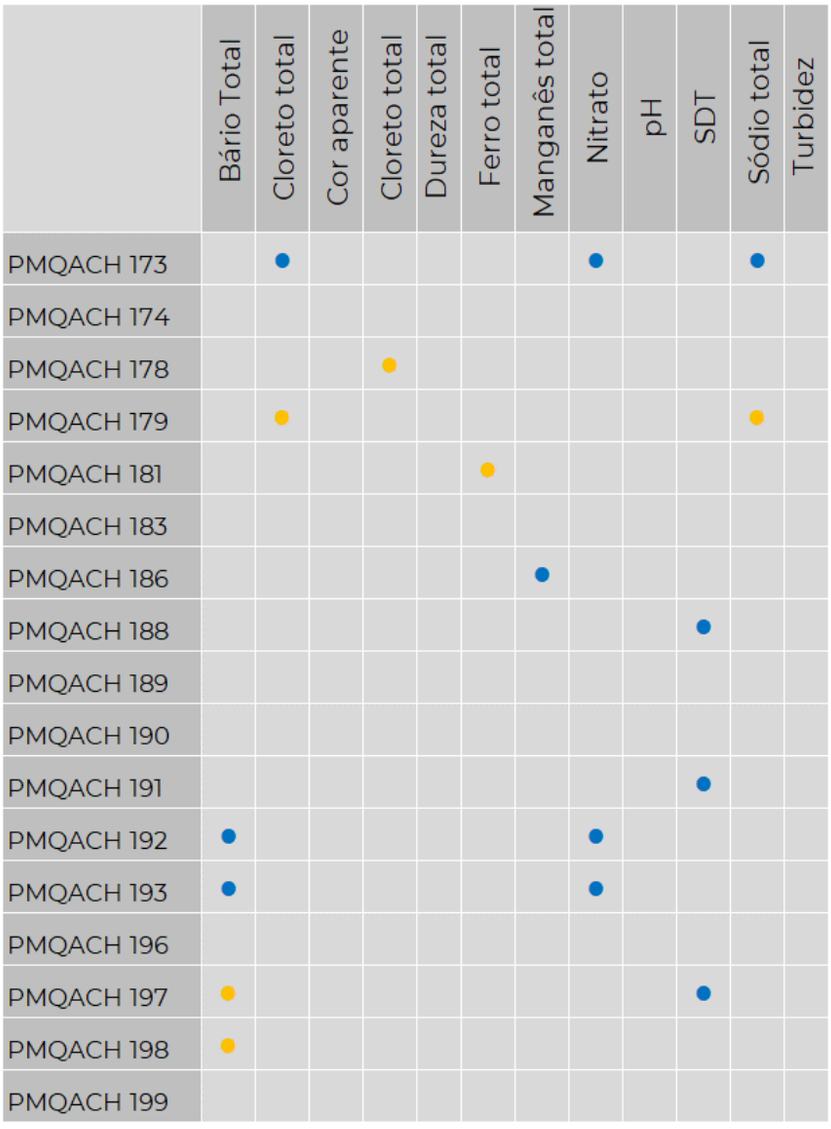
	Alumínio total	Bário Total	Cor aparente	Cloreto total	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 201	—	↓			—		↑	—	—	↓			↑
PMQACH 202					—		↑	—	↑	↓	↓		↑
PMQACH 203		↓			↑	—	↑		—	—	↑		—
PMQACH 204	↑				—			↓		↓		↑	↑
PMQACH 205	—	↓		↓	—	↓	↓	↑		↓	↓	—	—
PMQACH 206				↓	—	↑	↑			↓	↓		—
PMQACH 207	↑			↓	—	↓	↓	↑	↑	↓	↓		—
PMQACH 208	↓	↓		↓	↓	↑	—	↓		↓	↓		↑
PMQACH 209		↓		↓	—		↑			↓	↓	—	↑
PMQACH 211	↑	↓			—	↑	—	↑		↓	—	—	↑
PMQACH 212	—								—	↓		↑	—
PMQACH 403		↑		↓	↑			↑	↑		↑		
PMQACH 426							↓						
PMQACH 427													
PMQACH 428		↓											

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;

↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, destacam-se os parâmetros nitrato e sólidos dissolvidos totais que apresentaram concentrações superiores durante o período chuvoso em um número maior de pontos do município de Linhares ($p < 0,05$) (**Figura 6-236** e **Figura 6-237**). O parâmetro bário total apresentou, em sua maioria, concentrações mais elevadas durante o período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-236** e **Figura 6-237**). Os demais parâmetros apresentaram resultados mais pontuais ($p < 0,05$) (**Figura 6-236** e **Figura 6-237**). Destaca-se ainda o ponto PMQACH 427 que apresentou concentrações mais elevadas de bário total, cloreto total, cor aparente, ferro total, manganês total e turbidez durante o período seco ($p < 0,05$) (**Figura 6-236** e **Figura 6-237**). Os pontos PMQACH 174, 183, 189, 190, 199, 212 e 403 não exibiram nenhum padrão sazonal entre os parâmetros no último ciclo de 2022/2023.

Figura 6-236 – Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Figura 6-237 – (continuação) Resultados dos testes estatísticos principais entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Bário Total	Cloreto total	Cor aparente	Cloreto total	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez
PMQACH 200								●				
PMQACH 201								●				
PMQACH 202								●				●
PMQACH 203				●						●		●
PMQACH 204												
PMQACH 205					●					●	●	
PMQACH 206	●			●	●					●	●	
PMQACH 207												
PMQACH 208			●	●						●		
PMQACH 209	●			●						●		
PMQACH 211	●								●			
PMQACH 212												
PMQACH 403												
PMQACH 426									●	●	●	
PMQACH 427	●	●	●		●	●	●			●		●
PMQACH 428	●	●	●				●				●	

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.24.2 - Pontos com tratamento

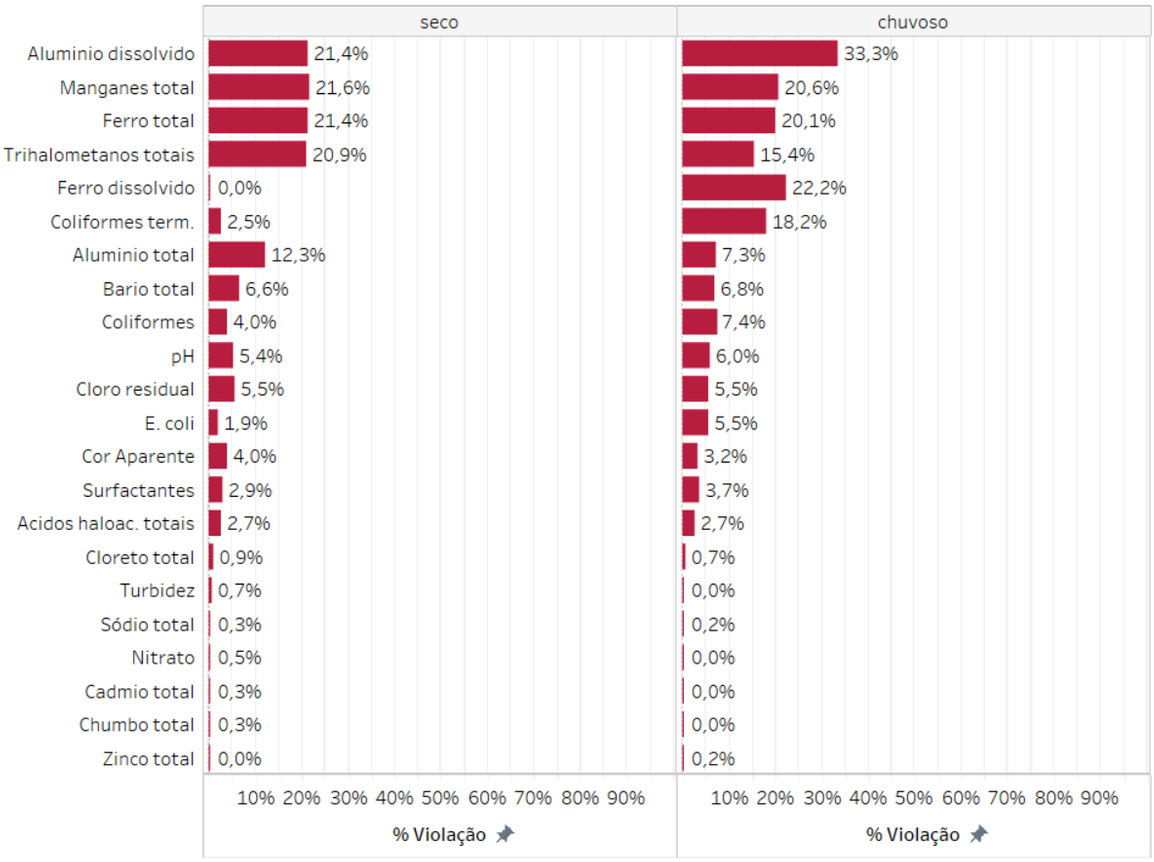
6.24.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Linhares-ES, alumínio dissolvido, manganês total, ferro total, trihalometanos totais e ferro dissolvido foram os parâmetros que apresentaram os maiores percentuais de violação a legislação (acima de 20% em pelo menos um dos períodos sazonais).

A presença de metais na captação dos pontos com tratamento, em concentrações acima dos limites legais em ambos os períodos, seco e chuvoso, pode estar relacionada a ocorrência natural destes elementos na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). Além destes, percentuais de violação observados para trihalometanos totais (20,9% no período seco e 15,4% no período chuvoso), monitorado na saída do tratamento, estão relacionados a própria aplicação de cloro no tratamento de água que, na presença de matéria orgânica, pode promover a formação de subprodutos, como é o caso deste elemento (SILVA & MELO, 2015).

Em relação a presença de contaminantes biológicos, tanto coliformes 4% no período seco e 7,4% no período chuvoso) quanto *E. coli* (1,9% no período seco e 5,5% no período chuvoso) apresentaram baixos percentuais de violação (**Figura 6-238**), assim como a maioria dos parâmetros monitorados, cuja ocorrência foi pontual ao longo dos pontos de monitoramento.

Figura 6-238 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Linhares-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

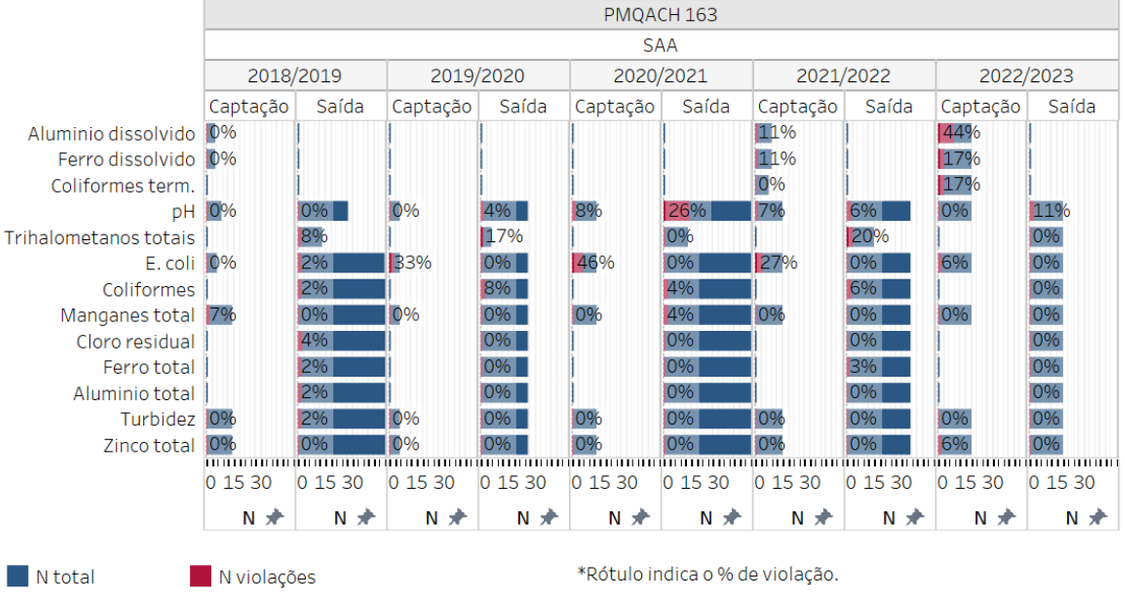


Quatro pontos com tratamento de água foram monitorados, sendo 3 pontos com abastecimento tipo SAA e captação subterrânea (PMQACH 164, 184 e 185) e 1 ponto do tipo SAA com captação superficial (PMQACH 163).

No ponto PMQACH 163, em 2022/2023, foi observado aumento no percentual de violação para alumínio dissolvido (44%, 8 de 18 amostras), ferro dissolvido e coliformes termotolerantes (17%, 3 de 18 amostras) em relação ao ciclo anterior. Reforça-se que estes parâmetros, amostrados exclusivamente na captação do ponto com tratamento, passaram a ser monitorados após a primeira revisão bianual do PMQACH, em janeiro de 2022 (**Figura 6-239**).

Destaca-se ainda, na captação deste ponto em 2022/2023, violação pontual de 6% (1 de 18 amostras) para *E. coli* e zinco total. Na saída, no entanto, estes parâmetros apresentaram conformidade. O parâmetro pH, por outro lado, que na captação apresentou conformidade em 2022/2023, na saída do tratamento apresentou violação em 2 das 18 amostras do período (11%) (**Figura 6-239**).

Figura 6-239 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 163 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



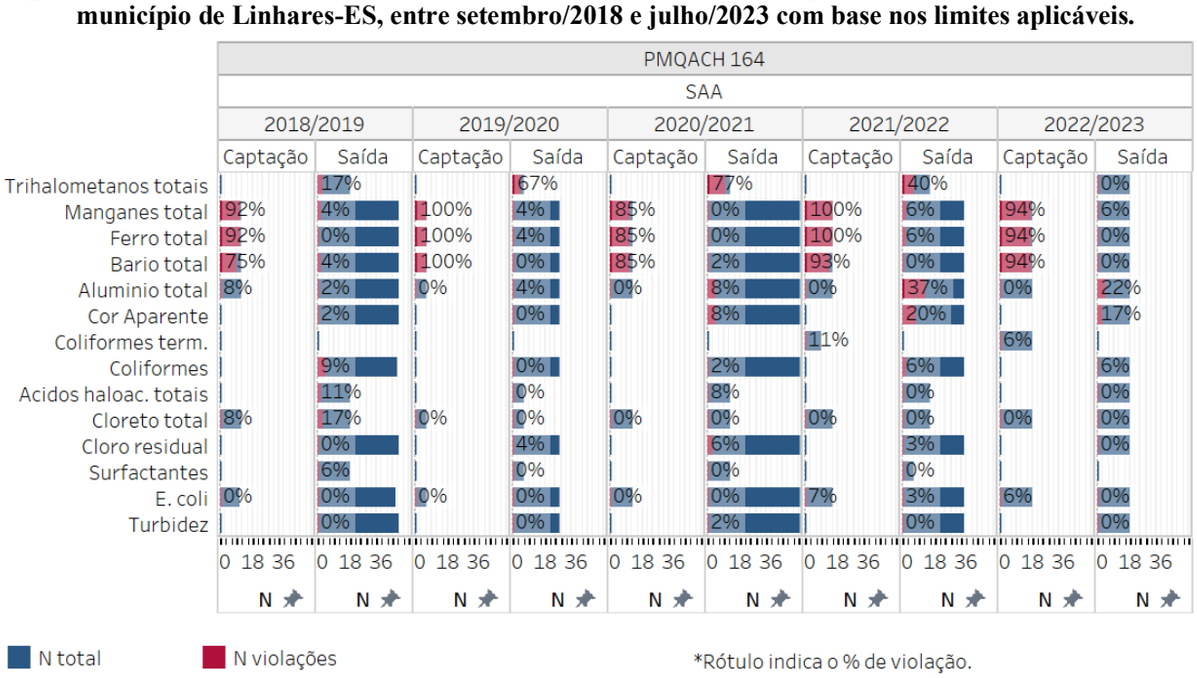
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 164, coliformes termotolerantes, monitorado exclusivamente na captação apresentou violação pontual em apenas 1 das 18 amostras do período (6%).

Também na captação do ponto, em 2022/2023, manganês total, ferro total e bário total apresentaram 94% de violação à legislação nas amostras do período (17 de 18 amostras), resultado que representa um aumento em relação ao ciclo anterior. *E. coli* registrou, na captação, violação pontual de 6% (1 de 18 amostras). Na saída do tratamento, no entanto, apenas manganês total registrou violação pontual em 1 das 18 amostras do período (6%). Destaca-se ainda, no último ciclo, o parâmetro alumínio total que apresentou conformidade na captação, mas violação de 22% na saída (4 de 18 amostras) (**Figura 6-240**).

Monitorados exclusivamente na saída do tratamento, cor aparente apresentou violação de 17% (3 de 18 amostras) e coliformes de 6% (1 de 18 amostras), resultados similares ao do ciclo anterior (**Figura 6-240**).

Figura 6-240 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 164 localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

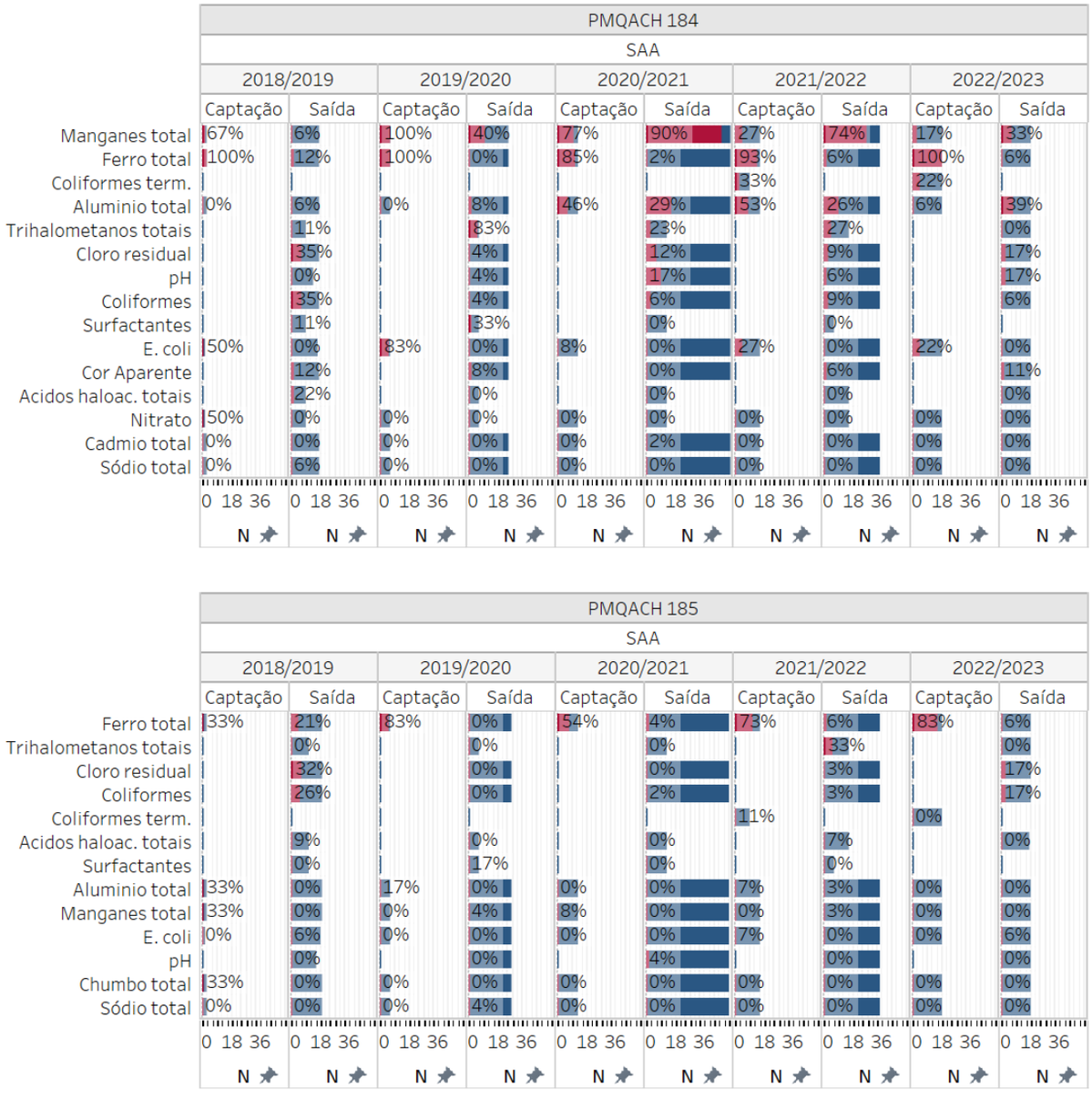


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 184, em 2022/2023, o parâmetro coliformes termotolerantes, monitorado exclusivamente na captação apresentou violação de 22% (4 de 18 amostras), resultado inferior ao do período anterior. Manganês total apresentou violação de 17% na captação (3 de 18 amostras) e 33% na saída (6 de 18 amostras), ferro total apresentou 100% de violação na captação (18 amostras) e 6% na saída (1 de 18 amostras), alumínio total apresentou 6% de violação na captação (1 de 18 amostras) e 39% na saída (7 de 18 amostras) e *E. coli* apresentou 22% de violação na captação (4 de 18 amostras) e conformidade na saída. Monitorados exclusivamente na captação os seguintes parâmetros apresentaram desconformidade: cloro residual e pH (17%, 3 de 18 amostras), coliformes (6%, 1 de 18 amostras) e cor aparente (11%, 2 de 18 amostras) (**Figura 6-241**).

No ponto PMQACH 185, em 2022/2023, ferro total apresentou violação em 15 das 18 amostras na captação (83%) e na saída em apenas uma amostra (6%, 1 de 18 amostras), padrão similar ao de períodos anteriores. *E. coli*, que apresentou conformidade na captação, registrou violação pontual na saída do tratamento (6%, 1 de 18 amostras). Monitorados exclusivamente na saída do tratamento, cloro residual e coliformes registraram violação de 17% (3 de 18 amostras) (**Figura 6-241**).

Figura 6-241 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 184 e PMQACH 185 localizados no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.

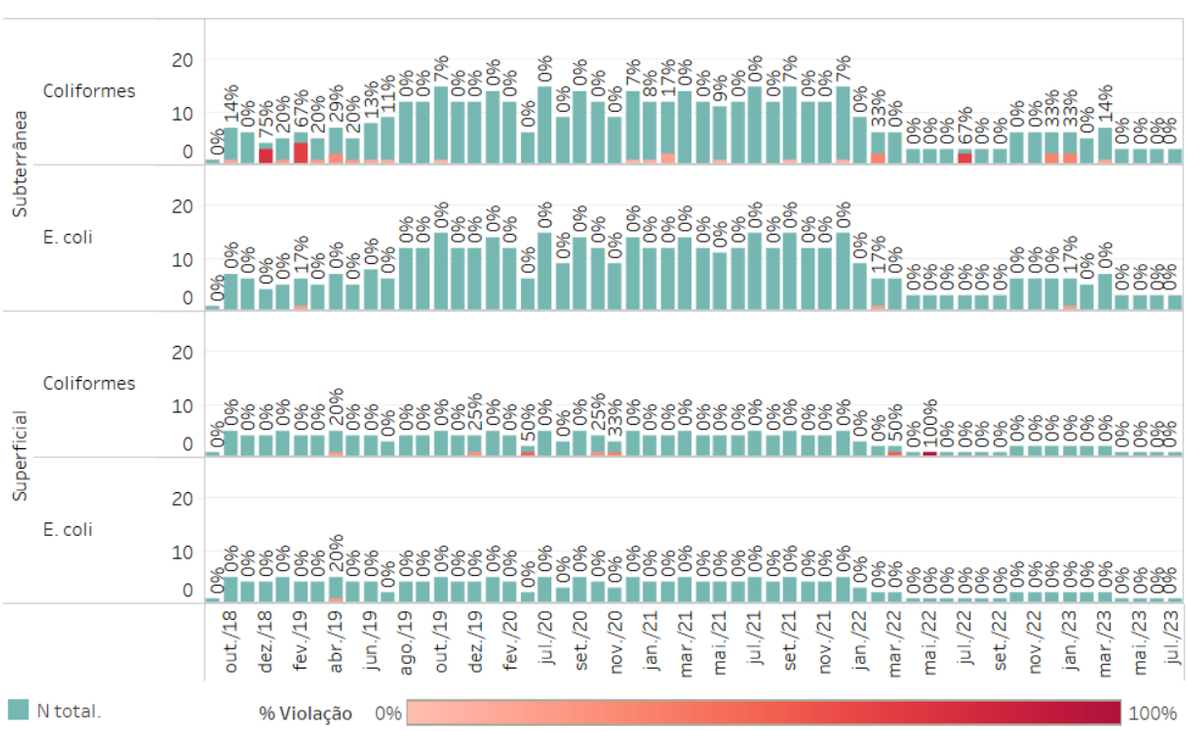


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.24.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

Na saída dos pontos com tratamento de água, tanto os com captação subterrânea quanto superficial, os resultados foram predominantemente "ausentes" para coliformes e *E. coli* (**Figura 6-242**). Nos pontos de captação subterrânea, no último ciclo de monitoramento (julho/2022 a julho/2023), os percentuais de amostras no mês com a presença de coliformes não ultrapassaram 67% e para *E. coli* não ultrapassaram 17%. Os pontos de captação superficial apresentaram um menor número de meses em que a presença de coliformes e *E. coli* foi detectada. No último ciclo de monitoramento, não foi identificada a presença de nenhum dos dois contaminantes biológicos (**Figura 6-242**). Não foi observado um padrão sazonal ou temporal evidente para presença de coliformes ou *E. coli* no período analisado (**Figura 6-242**).

Figura 6-242 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento, localizados no município de Linhares-ES.



Para os pontos com tratamento no município de Linhares, pode-se observar a redução das concentrações de sólidos dissolvidos totais no último período avaliado tanto na captação como na saída de todos os pontos ($p < 0,05$) (**Figura 6-243**). De forma mais pontual, cloreto total (captação PMQACH 164, saída e captação PMQACH 184), manganês total (captação PMQACH 184), nitrato (saída PMQACH 184), sódio total (captação PMQACH 184) e turbidez (captação PMQACH 184 e saída PMQACH 185) também apresentaram padrões de redução de suas concentrações no último ciclo avaliado (2022/2023) em relação aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-243**). No entanto, turbidez também apresentou resultados mais elevados nas captações dos pontos PMQACH 164 e 185. Pontualmente, alumínio total, cor aparente e manganês total também exibiram aumento nas concentrações em alguns pontos. Destaca-se ainda, aumento das concentrações de zinco total na captação e saída do ponto PMQACH 163, na captação do ponto PMQACH 164 e na saída do ponto PMQACH 184 ($p < 0,05$) (**Figura 6-243**).

Figura 6-243 – Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Dureza total	Cor aparente	Cloreto total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	SDT	Sódio total	Turbidez	Zinco total
PMQACH 163	Captação			—		—			—	—	↓			↑
	Saída	—	—	—	↑		—		—	—	↓	—	—	↑
PMQACH 164	Captação	—		—		↓	—	—	—		↓		↑	↑
	Saída	—	—	—		—	—	↑	—	—	↓	—	—	—
PMQACH 184	Captação	—				↓		↓			↓	↓	↓	
	Saída	↑	—			↓	—	—	↓	—	↓	—	—	↑
PMQACH 185	Captação	—							—		↓		↑	↓
	Saída	—	—		↑	—	—	—	—	—	↓		↓	—

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, poucos parâmetros apresentaram padrões significativos, sendo todos observados durante o período seco. O alumínio total apresentou concentrações mais elevadas na saída do ponto PMQACH 163 e na captação e saída do ponto PMQACH 184 ($p < 0,05$) (**Figura 6-244**). Sólidos dissolvidos totais também tiveram concentrações mais elevadas durante o período seco, mas somente na captação do ponto PMQACH 164 ($p < 0,05$) (**Figura 6-244**).

Figura 6-244 – Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	SDT
PMQACH 163	Captação		
	Saída	●	
PMQACH 164	Captação		●
	Saída		
PMQACH 184	Captação	●	
	Saída	●	
PMQACH 185	Captação		
	Saída		

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

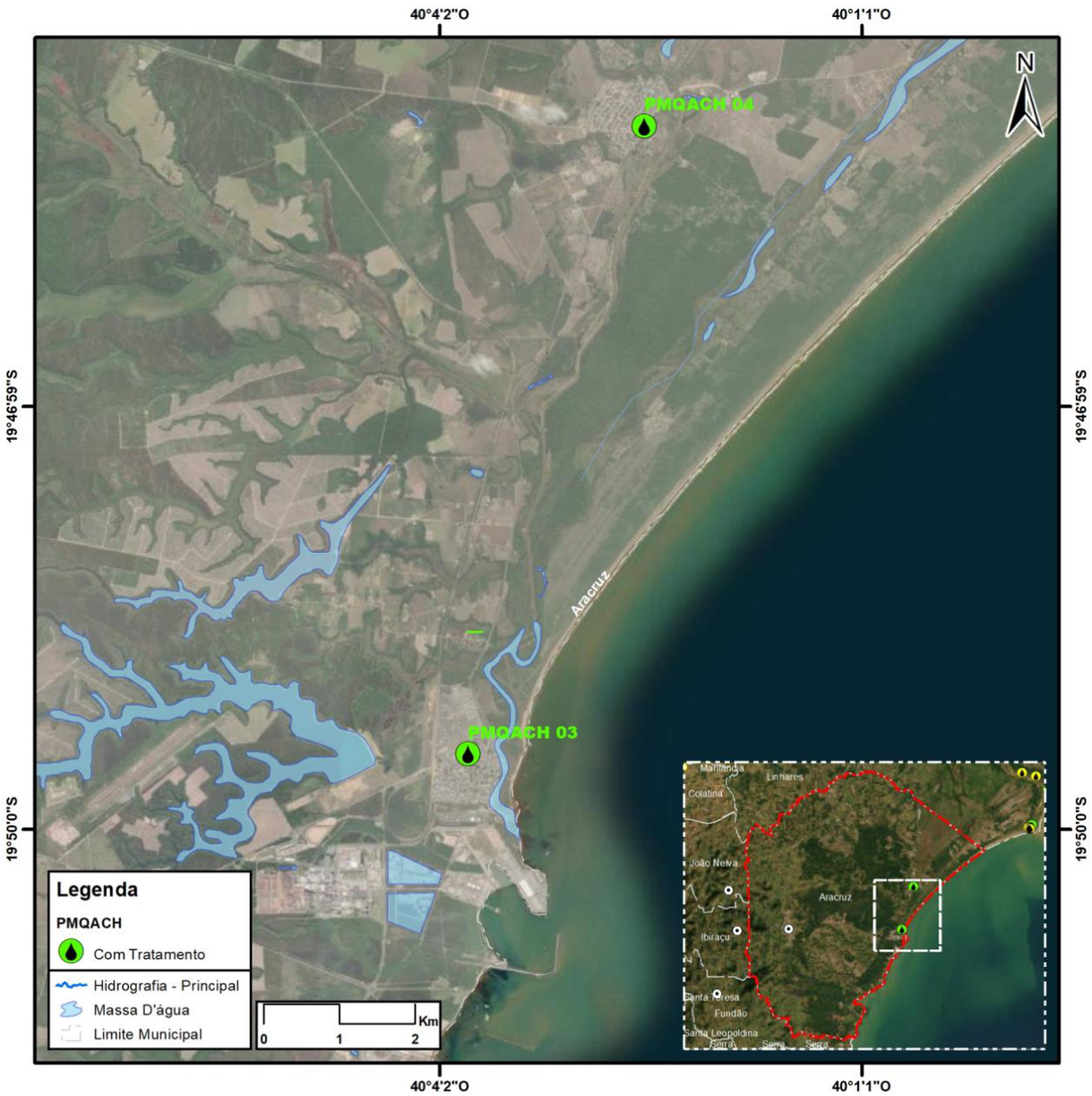
6.25 - Aracruz

No município de Aracruz-ES, foram considerados os 02 (dois) pontos de monitoramento que possuem tratamento de água e são do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) (**Figura 6-245** e **Quadro 6-25**).

Quadro 6-25 - Características dos pontos do município de Aracruz considerados no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 03	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo
PMQACH 04	Superficial	SAA	Sim	Captação e Saída		Ativo

Figura 6-245 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Aracruz-ES.



6.25.1 - Pontos com tratamento

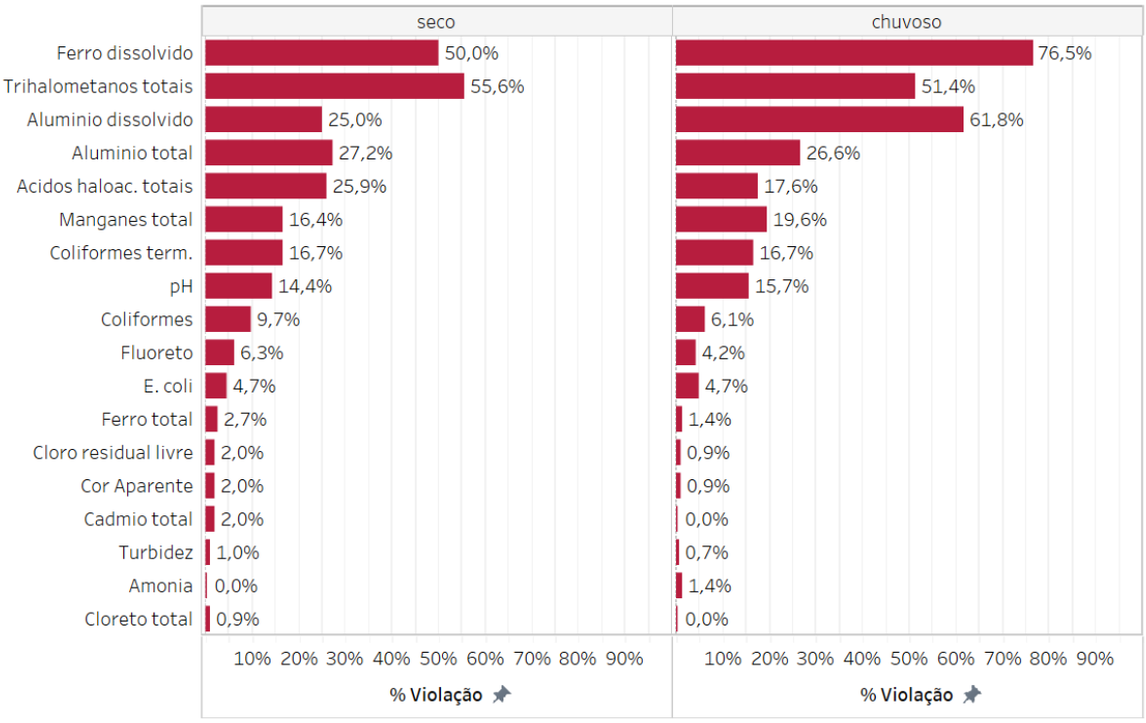
6.25.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para os pontos com tratamento de água do município de Aracruz-ES, os parâmetros com maiores percentuais de violação foram ferro dissolvido, trihalometanos totais, alumínio dissolvido, alumínio total e ácidos haloacéticos totais (**Figura 6-246**).

O ferro dissolvido apresentou 50% e 76,5% de violação para o período seco e chuvoso respectivamente (**Figura 6-246**). Esse parâmetro, assim como alumínio dissolvido (25% no período seco e 61,8% no período chuvoso) e total (27,2 no período seco e 26,6% no período chuvoso), são elementos constituintes dos rejeitos de mineração e estão nos corpos d'água devido às características naturais de rochas e solos presentes na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021) (**Figura 6-246**). Em relação as violações de ácidos haloacéticos (25,7% no período seco e 17,6% no período chuvoso) e trihalometanos (55,6% no período seco e 51,4% no período chuvoso) (**Figura 6-246**), sabe-se que o tratamento da água pode resultar em subprodutos que são formados pela reação entre matéria orgânica e cloro, resultando na presença indesejada destes compostos (FERREIRA FILHO & SAKAGUTI, 2008; LIMA, 2014; SILVA & MELO, 2015).

A maioria dos parâmetros apresentou percentual de violação similar para o período seco e chuvoso, com exceção do alumínio dissolvido e ferro dissolvido (**Figura 6-246**). Maiores concentrações desses parâmetros podem estar relacionadas com o aumento da pluviosidade, especialmente em corpos hídricos superficiais, refletindo tanto o maior aporte de partículas carreadas pela água da chuva, como a possível ressuspensão de material sedimentado. Os demais parâmetros apresentaram baixos percentuais de violação dos limites legais (**Figura 6-246**).

Figura 6-246 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados em pontos com tratamento no município de Aracruz-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



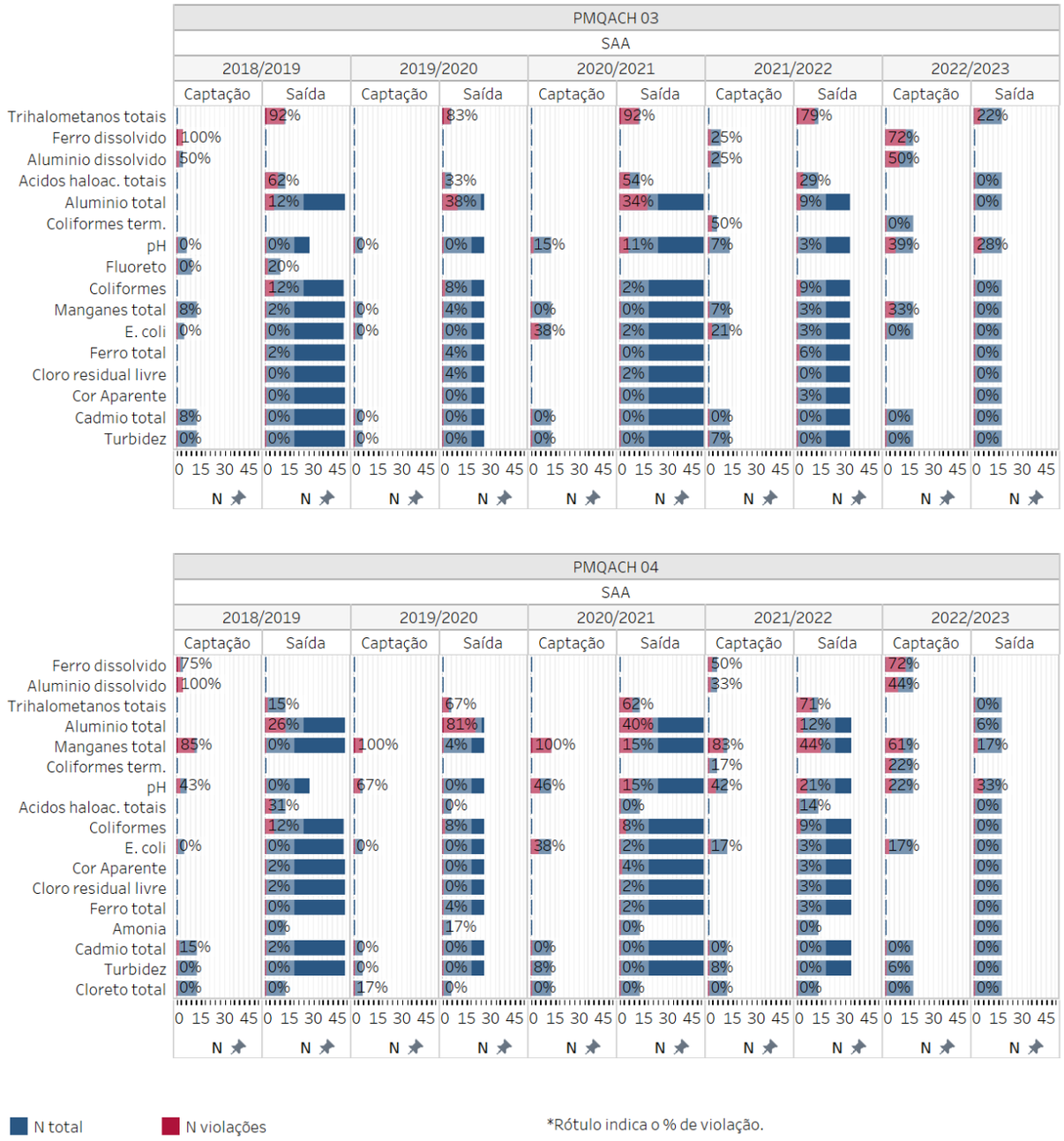
No ponto PMQACH 03, que apresenta captação superficial e abastecimento do tipo SAA, houve aumento no percentual de violação da legislação, em 2022/2023, na captação, para ferro dissolvido (72%, 13 de 18 amostras) e alumínio dissolvido (50%, 9 de 18 amostras) em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-247**). Também houve aumento no percentual de violação na captação, em 2022/2023, para manganês total (33%, 6 de 18 amostras) e pH (39%, 7 de 18 amostras) em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-247**). Quanto aos resultados desses dois parâmetros na saída do tratamento, observou-se que manganês apresentou conformidade em todas as amostras (0%, 0 de 18 amostras), enquanto pH registrou 28% de amostras em desconformidade (5 de 18 amostras) (**Figura 6-247**). Monitorado exclusivamente na saída do tratamento, trihalometanos totais apresentou redução no percentual de violação em 2022/2023 (22%, 4 de 18) em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-247**).

No ponto PMQACH 04, de captação tipo superficial e abastecimento tipo SAA, houve aumento no percentual de violação na captação, em 2022/2023, para ferro dissolvido (72%, 13 de 18 amostras), alumínio dissolvido (44%, 8 de 18 amostras) e coliformes termotolerantes (22%, 4 de 18 amostras), em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-247**).

Foi observada redução no percentual de violação na captação, em 2022/2023, para manganês total (61%, 11 de 18 amostras) e pH (22%, 4 de 18 amostras) em relação ao ciclo anterior (**Figura 6-247**). Quanto aos resultados desses dois parâmetros na saída do tratamento, observou-se que manganês apresentou desconformidade em 3 das 18 amostras (17%), enquanto pH registrou 33% de amostras em desconformidade (6 de 18 amostras) (**Figura 6-247**). *E. coli* manteve o percentual de violação em 2022/2023 (17%, 3 de 18 amostras), tal qual o do período anterior. Turbidez registrou 6% de violação (1 de 18 amostras), resultado similar ao do período anterior (**Figura 6-247**).

Monitorado exclusivamente na saída do tratamento, alumínio total apresentou desconformidade pontual, em apenas 1 das 18 amostras do ciclo de 2022/2023 (6%) (**Figura 6-247**).

Figura 6-247 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 03 e PMQACH 04, localizados no município de Aracruz-ES, entre setembro/2018 e julho/2023, com base nos limites aplicáveis.

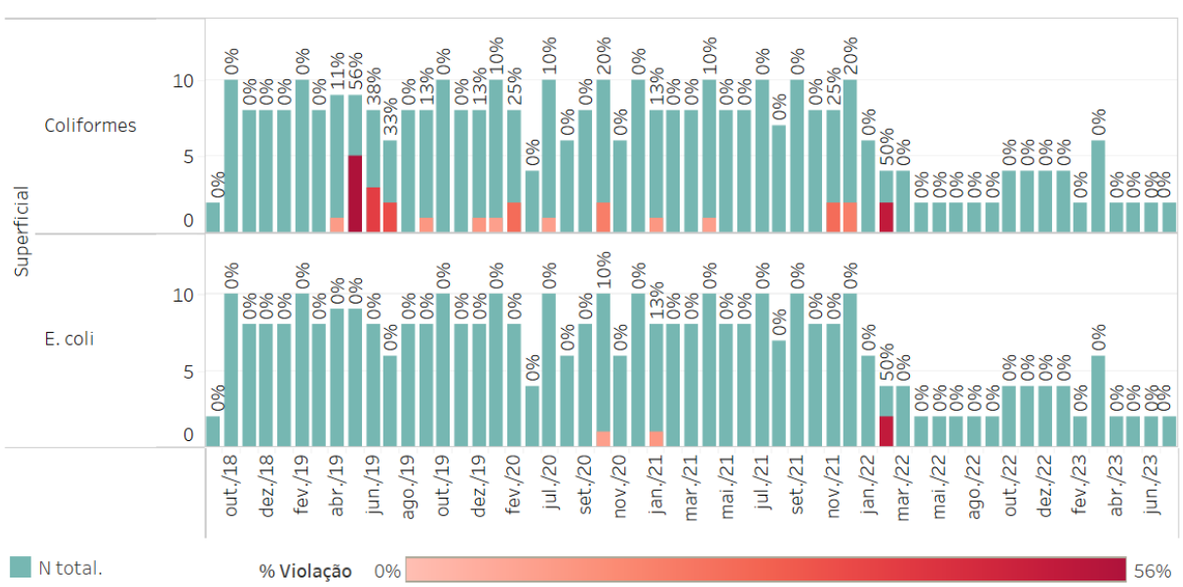


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.25.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

Os pontos PMQACH 03 E PMQACH 04, no município de Aracruz, não registraram a presença de coliformes e *E. coli* na saída do tratamento para a maioria dos meses monitorados. Para coliformes, as maiores ocorrências do contaminante nas amostras analisadas foram nos meses de maio/2019 (56%) e fevereiro/2022 (50%). O parâmetro *E. coli* apresentou desconformidade somente nos meses de outubro/2020 (10%), janeiro/2021 (13%) e fevereiro/2022 (50%) (**Figura 6-248**). No período avaliado neste relatório (julho/2022 a julho/2023), não foi observada a presença de coliformes e *E. coli* e nenhum dos meses monitorados. Não foi observado um padrão temporal ou sazonal para nenhum dos dois parâmetros avaliados.

Figura 6-248 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos com tratamento, localizados no município de Aracruz.



Para os demais parâmetros, notam-se diversos resultados significativos temporalmente, ou seja, com reduções ou aumentos entre os anos avaliados ($p < 0,05$) (**Figura 6-249**). Quando avaliada as diferenças temporais em relação ao último período avaliado (2022/2023), nota-se uma diminuição nos resultados de pH e sólidos dissolvidos

totais na captação e saída do ponto PMQACH 03 e na saída do ponto PMQACH 04 ($p < 0,05$) (**Figura 6-249**). O parâmetro alumínio total apresentou redução na saída do ponto PMQACH 03 e na captação do ponto PMQACH 04, enquanto sódio total apresentou diminuição na captação e saída do ponto PMQACH 04. Pontualmente, cloreto total apresentou redução em sua concentração na captação do ponto PMQACH 04 e nitrato na captação do ponto PMQACH 03. ($p < 0,05$) (**Figura 6-249**). Alguns parâmetros apresentaram tendências de queda e de aumento no último ciclo 2022/2023. Dureza total demonstrou aumento na saída do ponto PMQACH 03 e redução na captação e saída do ponto PMQACH 04, já manganês total teve concentrações reduzidas captação do PMQACH 04 e aumento na captação do PMQACH 03. Além disso, turbidez apresentou resultados mais elevados em ambas as captações e resultados menores nas saídas de ambos os pontos. Por fim, nota-se aumento do parâmetro zinco total, na captação e saída do ponto PMQACH 03 e somente na captação do ponto PMQACH 04 ($p < 0,05$) (**Figura 6-249**).

Figura 6-249 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Bário total	Cloreto total	Cor aparente	Dureza total	Ferro total	Manganês total	Nitrato	pH	Sódio total	SDT	Turbidez	Zinco total
PMQACH 03	Captação					—		↑	↓	↓	—	↓	↑	↑
	Saída	↓			—	↑	—	—		↓	—	↓	↓	↑
PMQACH 04	Captação	↓		↓		↓		↓	—		↓	—	↑	↑
	Saída	—	—	—	↑	↓	—	—	—	↓	↓	↓	↓	—

↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, os parâmetros apresentaram, de maneira geral, valores superiores durante o período chuvoso, especialmente na captação do ponto PMQACH 03 ($p < 0,05$) (**Figura 6-250**). Turbidez, alumínio, ferro e manganês total apresentaram resultados superiores durante o período chuvoso na captação do ponto PMQACH 03. Adicionalmente, ferro e manganês total também exibiram aumento durante a chuva na captação e saída do ponto PMQACH 04, respectivamente ($p < 0,05$) (**Figura 6-250**). Já durante o período seco, nota-se aumento nos resultados de pH, sódio total e sólidos dissolvidos totais na captação do ponto PMQACH 03. Com destaque a sólidos dissolvidos totais, que também apresentou esse comportamento na saída do ponto.

Figura 6-250 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

		Alumínio total	Ferro total	Manganês total	pH	Sódio total	SDT	Turdidez
PMQACH 03	Captação	●	●	●	●	●	●	●
	Saída						●	
PMQACH 04	Captação		●					
	Saída			●				

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

6.26 - São Mateus

No município de São Mateus-ES, foi considerado 01 (um) ponto de monitoramento, do tipo Solução Alternativa Coletiva (SAC) sem tratamento de água (**Figura 6-251** e **Quadro 6-26**).

Quadro 6-26 - Características do ponto do município de São Mateus considerado no presente relatório.

Código	Tipo	Forma	Tratamento	Ponto avaliado	Legislação	Término do monitoramento
PMQACH 330	Subterrânea	SAC	Não	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017 e Portaria GM/MS nº 888, maio/2021 (a partir de novembro/2021)	Ativo

Figura 6-251 - Localização geográfica dos pontos monitorados em São Mateus-ES.

6.26.1 - Pontos sem tratamento

6.26.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

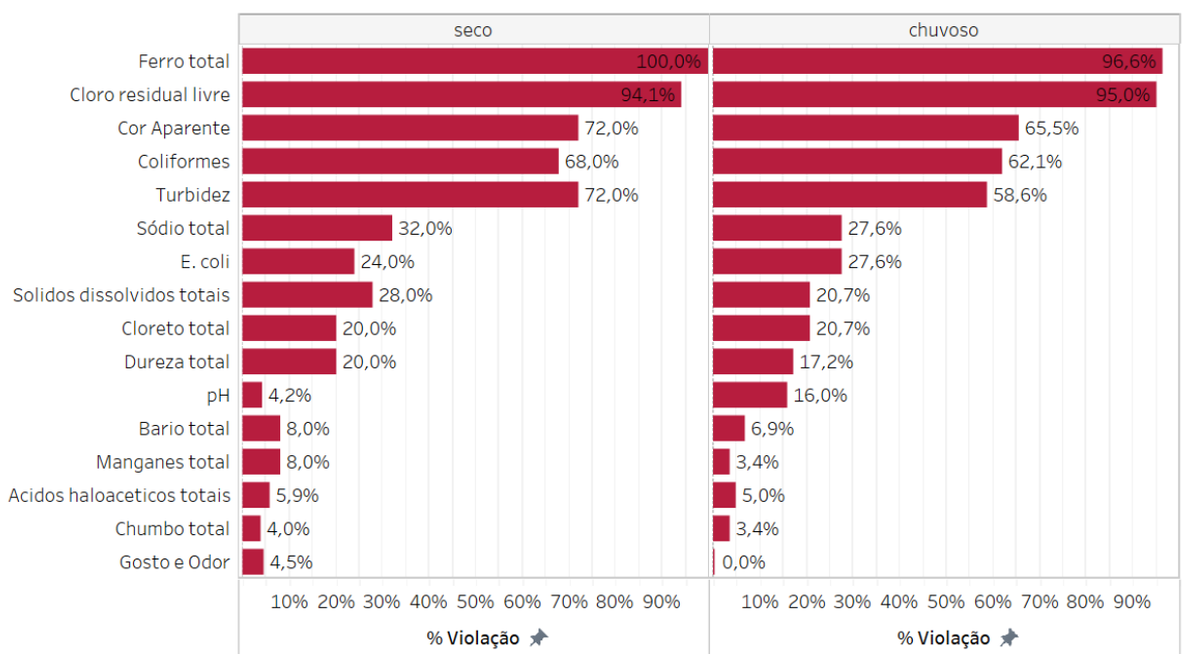
Para o município de São Mateus-ES, destacam-se ferro total, cloro residual livre, cor aparente, coliformes e turbidez por apresentarem mais de 50% de violação no período seco e chuvoso (**Figura 6-252**).

Cloro residual livre apresentou 94,1% de violação no período seco e 95% no período chuvoso (**Figura 6-252**). De maneira geral, o cloro residual livre violou o limite inferior legal, devido às baixas concentrações ou ausência, o que era esperado de pontos sem tratamento de água. Por ser empregado nos processos de tratamento de água e eficiente na eliminação de microrganismos (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI *et al*., 2013), a ausência de adição de cloro explica os elevados percentuais de violação de coliformes e *E. coli*. Reforça-se, no entanto, que após janeiro de 2022, com a primeira revisão bianual do PMQACH, o parâmetro cloro residual deixou de ser monitorado. Os elevados percentuais de violação referem-se ao período pretérito à esta revisão.

Coliformes apresentou 68% de violação no período seco e 62,1% no período chuvoso e *E. coli* 24% no período seco e 27,6% no período chuvoso. A presença *E. coli* nas amostras indica relação com contaminação fecal da água provenientes de esgoto doméstico ou criação de animais. Embora contemple um grande grupo de bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, a presença de coliformes também é em alerta para possível exposição da fonte a focos de poluição ou contaminação. (**Figura 6-252**). No município de São Mateus-ES, o percentual de esgotamento sanitário adequado é de 62,2% (IBGE, 2010) e, comparativamente com outros municípios do estado do Espírito Santo, ocupa a 32ª posição (de um total de 78 municípios), sendo que a 1ª posição corresponde ao município com maior percentual de esgotamento sanitário (IBGE, 2010). Vale destacar que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos

hídricos. Portanto, a reduzida porcentagem de tratamento e a baixa eficiência na remoção de patógenos ajuda a explicar a contaminação por coliformes e *E. coli* por influência regional que, de fato, foram indicados como parâmetros prioritários para gestão na bacia do rio Doce (PIRH Doce, 2021). Em baixo percentual, gosto e odor apresentou violação apenas no período seco (4,5%) (**Figura 6-252**). Demais parâmetros monitorados não apresentaram influência da sazonalidade na ocorrência de violações (**Figura 6-252**).

Figura 6-252 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de São Mateus-ES no período chuvoso (meses de outubro a março) e seco (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



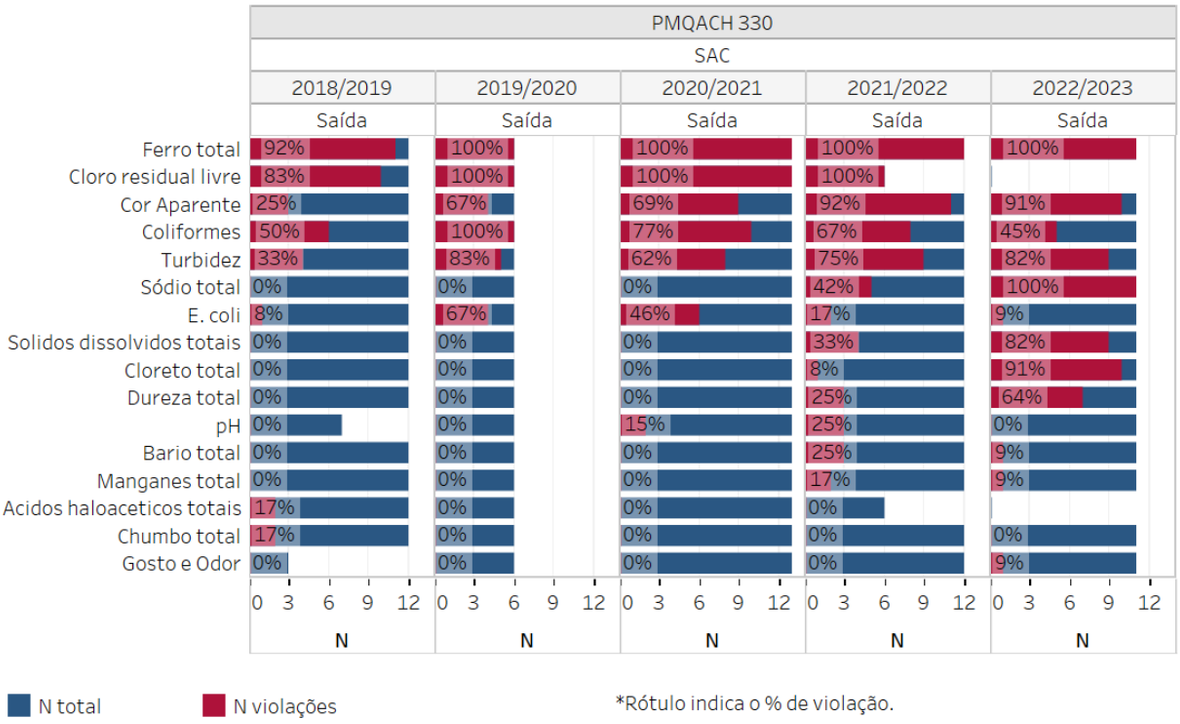
Um ponto sem tratamento de água do tipo SAC e com captação subterrânea foi monitorado no município de São Mateus (PMQACH 330).

Neste ponto, ferro total apresentou violação em todas as amostras do último ciclo de 2022/2023 (100%, 11 amostras), tal como observado em períodos anteriores (**Figura 6-253**). De modo similar, cor aparente registrou 91% de violação em 2022/2023 (10 de 11 amostras), mantendo o padrão de elevados percentuais do período anterior (**Figura 6-253**). Foi registrado aumento no percentual de violação para turbidez (82%, 9 de 11 amostras), sódio total (100%,

11 amostras), sólidos dissolvidos totais (82%, 9 de 11 amostras), cloreto total (91%, 10 de 11 amostras) e dureza total (64%, 7 de 11 amostras) (**Figura 6-253**).

Por outro lado, alguns parâmetros apresentaram redução no percentual desconforme em 2022/2023 em relação ao período anterior, sendo eles: coliformes (45%, 5 de 11 amostras), *E. coli*, bário total e manganês total (9%, 1 de 11 amostras). Pela primeira vez no monitoramento, de forma pontual, gosto e odor apresentou 1 das 11 amostras em desconformidade com a legislação em 2022/2023 (9%) (**Figura 6-253**)

Figura 6-253 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 330 localizados no município de São Mateus-ES, entre setembro/2018 e julho/2023 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.26.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

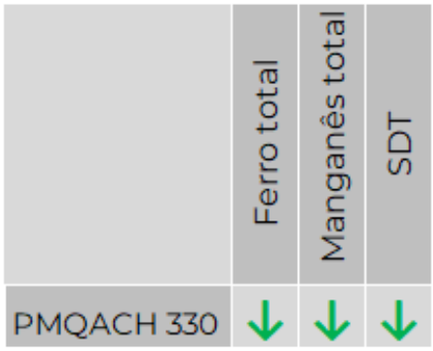
No ponto PMQACH 330, a presença de coliformes foi registrada em 33 dos 48 meses monitorados. Em menor frequência, *E. coli* foi identificada em 14 dos 48 meses de

monitoramento (**Figura 6-254**). Não foi observado um padrão sazonal ou temporal evidente para coliformes e *E. coli* no período analisado (**Figura 6-254**).

Figura 6-254 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* na saída dos pontos sem tratamento, localizados no município de São Mateus-ES.

No único ponto avaliado no município de São Mateus (PMQACH 330), as concentrações de ferro total, manganês total e sólidos dissolvidos totais exibiram tendência de redução no ciclo de 2022/2023, quando comparado aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-255**).

Figura 6-255 - Resultados dos testes estatísticos par-a-par entre os anos (avaliação temporal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.



↑ aumento entre anos com ênfase em 2022/2023; — não houve padrão claro entre os anos avaliados;
↓ redução dos valores entre os anos para determinado parâmetro e ponto. As células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

Em relação a variação sazonal, ou seja, entre os períodos chuvosos e secos, os parâmetros dureza total, nitrato e turbidez apresentaram um padrão significativo no ponto PMQACH 330, com concentrações superiores no período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-256**).

Figura 6-256 - Resultados dos testes estatísticos entre as estações (avaliação sazonal), considerando o período de setembro/2018 a julho/2023.

	Dureza total	Nitrato	Turdidez
PMQACH 330	●	●	●

● valores significativamente superiores no período chuvoso;
● valores significativamente superiores no período seco; as células vazias indicam que o resultado não foi significativo.

7 - POTENCIAIS EFEITOS À SAÚDE HUMANA

A ingestão de água com qualidade inadequada pode trazer diversos malefícios para os seres humanos (BRASIL, 2006). A qualidade da água tratada é determinada não somente pela presença ou ausência de tratamento, ou pelo tipo e manutenção do tratamento empregado, mas também pela qualidade do manancial utilizado como captação. Além disso, o controle dos riscos à saúde humana também depende das unidades do sistema de abastecimento, como as estações elevatórias, adutoras, reservatórios e redes de distribuição (BRASIL, 2006). Dessa forma, a água pode apresentar uma variedade de alterações que comprometem sua qualidade. O **Quadro 7-1** exibe uma apresentação geral dos principais grupos de alterações possíveis de serem observadas em águas para consumo humano e alguns exemplos.

Quadro 7-1 – Principais grupos de alterações observadas na água para consumo.

Alterações	Exemplos
Presença de microrganismos nocivos	Bactérias
	Vírus
	Protozoários
	Microalgas e cianobactérias tóxicas
Presença de contaminantes	Químicos inorgânicos (metais e semimetais)
	Químicos orgânicos (pesticidas, fármacos e solventes)
	Subprodutos da desinfecção (clorofórmio, trihalometanos e ácidos haloacéticos)
Alterações físico-químicas	pH
	Cor aparente
	Turbidez
	Gosto e odor

Para avaliar se os parâmetros podem comprometer a saúde humana, nas condições específicas de exposição existentes no local, é importante que se faça a comparação das estimativas da dose de exposição com os valores de referência para a saúde. A Organização Mundial da Saúde (OMS) vem desenvolvendo Diretrizes para Qualidade da Água Potável que estão sujeitas a um rigoroso processo de garantia de qualidade. O Ministério da Saúde (BRASIL, 2010), a partir da aplicação da metodologia da Agência de Registro de Substâncias Tóxicas e Controle de Doenças (*Agency for Tocix Substances and Disease Registry – ATSDR)*

dos Estados Unidos da América, definiu procedimentos para determinar o nível dos riscos à saúde humana. No entanto, por ser um tema recente, ainda não existe arcabouço jurídico-institucional que imponha uma sequência natural aos resultados dos estudos de avaliação de risco. Por esta razão, as classificações de risco apresentadas no presente relatório, bem como as recomendações decorrentes, devem ser avaliadas como um instrumental técnico-científico fundamental pelas esferas governamentais responsáveis pela tomada de decisão, mas com a devida adequação a realidade brasileira e aos recursos disponíveis.

A partir da metodologia supracitada, para definir o nível do risco à saúde humana, com possibilidade de efeitos lesivos não-carcinogênicos, os Níveis de Risco Mínimo (*Minimal Risk Level* - MRL) da ATSDR são utilizados como indicadores. O Ministério da Saúde (BRASIL, 2010) define MRL como:

> Uma estimativa de exposição diária humana a uma substância perigosa que provavelmente não trará risco apreciável de efeito adverso diferente de câncer, considerando uma duração específica de exposição (aguda de 1 a 14 dias; intermediária de 15 a 364 dias; e crônica de 365 dias ou mais) para uma determinada via de exposição. O MRL é expresso em miligrama por quilograma de massa corporal por dia, portanto, varia de pessoa para pessoa. O MRL foi criado para dar ideia do perigo que representa cada substância. Exposições acima do MRL não significam que ocorrerão efeitos adversos. É um indicador de perigo e quer dizer que exposições até esse nível provavelmente não acarretarão efeito adverso inclusive à pessoa mais sensível.

Ressalta-se que para a aplicação dessa metodologia da ATSDR para avaliação de risco à saúde humana, etapas prévias como avalição da informação local, resposta às preocupações da comunidade, seleção dos contaminantes de interesse, identificação e avaliação de rotas de exposição, determinação de implicações para a saúde pública e determinação de conclusões são consideradas (BRASIL, 2010).

No que diz respeito a legislação, no Brasil, a PRC n° 5/2017 consolidou no Anexo XX todas as normativas referentes a procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano. Tal Anexo foi atualizado pela Portaria GM/MS n° 888, de 4 de maio de 2021 e pela Portaria GM/MS n° 2.472 de 28 de setembro de 2021.

Entre as orientações da portaria, o §5º do Artigo 4, do Capítulo V do Padrão de Potabilidade (Portaria GM/MS nº 888/2021), menciona: "Na verificação do atendimento ao padrão de potabilidade expressos nos Anexos 9 a 11, a detecção de eventuais ocorrências de resultados acima do VMP deve ser analisada em conjunto com o histórico do controle de qualidade da água."

Dada as circunstâncias do rompimento da barragem de Fundão, por meio Deliberação CIF nº 95, NT nº 10, foram definidas as bases mínimas para implantação do PMQACH, em que "o monitoramento da qualidade da água para consumo humano será executado pela Fundação Renova em decorrência do EVENTO, com base da legislação vigente".

A seguir, serão discutidos os parâmetros que apresentaram relevância no Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano (PMQACH), ou seja, aqueles que apresentaram violação, mesmo que pontual, e os efeitos potenciais à saúde humana. Os parâmetros que apresentaram violação foram: ácidos haloacéticos, alumínio total e dissolvido, amônia, antimônio total, arsênio total, bactérias heterotróficas, bário total, cádmio total, chumbo total, cloramina total, cloreto total, cloro residual livre, cobre total e dissolvido, coliformes totais e termotolerantes, cor aparente, cromo total, dureza, *E. coli*, ferro total e dissolvido, fluoreto, gosto e odor, manganês total, níquel total, nitrato, nitrito, pH, selênio total, sódio total, sólidos dissolvidos totais, sulfato, sulfeto de hidrogênio, surfactantes, trihalometanos totais, turbidez, urânio total e zinco total.

O **Quadro 7-2** apresenta a síntese das informações disponíveis na literatura sobre os possíveis efeitos causados pelos parâmetros supracitados na saúde humana. Em seguida os parâmetros são contextualizados com seus resultados durante o monitoramento, significado ambiental e integrado com os potenciais efeitos de forma mais detalhada, com ênfase no último ano de monitoramento de julho/2022 a julho/2023.

Quadro 7-2 – Síntese dos efeitos potenciais para a saúde humana dos parâmetros que apresentaram violação no PMQACH.

Parâmetros	Efeitos potenciais para a saúde humana	Nível de Risco Mínimo (MRL) / Consumo Diário Tolerável (TDI)
Ácidos haloacéticos	Problemas no fígado, rins ou sistema nervoso central; aumento do risco de câncer[1]	-
Alumínio*	Testes em animais mostraram que a exposição excessiva pode provocar problemas renais, no sistema nervoso central e nos ossos, esclerose amiotrófica lateral e anemia hipocrômica microcíca[2,8]	1 mg/kg/dia (ingestão crônica e intermediária)
Amônia*	Influencia o metabolismo ao alterar o equilíbrio ácido-base, atrapalhando tolerância à glicose e reduzindo a sensibilidade a insulina[28]	200 mg/kg/dia [13]
Antimônio total	Testes em animais demonstraram redução do ganho de peso corporal e da ingestão de alimentos e água[29]	6 µg/kg/dia[29]
Arsênio total	Manifestações agudas incluem febre, dores abdominais e esofagianas, diarreia, anorexia, vômito, aumento da irritabilidade, exantema e perda de cabelo; os efeitos crônicos incluem tumores malignos na pele, nos pulmões, rins, bexiga, aumento hepático, com necrose e cirrose	0,0003 mg/kg/dia (ingestão crônica) e 0,005 mg/kg/dia (ingestão aguda)[15]
Bactérias heterotróficas	Quanto maior a densidade de bactérias na água, maior a probabilidade de encontrar bactérias patogênicas[1]	-
Bário Total*	Aumento da pressão arterial[1]	0,2 mg/kg/dia (ingestão crônica e intermediária)
Cádmio total	Danos nos rins; diminui a absorção de cálcio e aumenta sua excreção, favorecendo osteoporose e a osteomalácia, anemia ferropriva em decorrência da competição com o ferro, câncer de pulmão e próstata[1, 8]	0,0001 mg/kg/dia (ingestão crônica) e 0,0005 mg/kg/dia (ingestão intermediária)[15]
Chumbo total	Em bebês e crianças causa atrasos no desenvolvimento físico ou mental; em adultos causa problemas renais e pressão alta; pode afetar os sistemas neurológico, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular e renal, estando associado à incidência de retardo no desenvolvimento mental, resultando na perda de quociente de inteligência de crianças, anemia e ao aumento na pressão sanguínea em adultos; carcinogênico[1, 8]	25 µg/kg/dia
Cloramina total	Desconforto no estômago, anemia[1]	-
Cloreto*	Toxicidade não foi observada em humanos, exceto em casos de metabolismo prejudicado por cloreto de sódio, por exemplo, na insuficiência cardíaca congestiva. Gosto salobro[9, 16]	**
Cloro residual livre*	A sua ausência permite a contaminação por patógenos e o excesso pode provocar desconforto no estômago[1]	-

Parâmetros	Efeitos potenciais para a saúde humana	Nível de Risco Mínimo (MRL) / Consumo Diário Tolerável (TDI)
Cobre*	Náuseas, vômitos, diarreia e, em casos graves, danos hepáticos e renais. [36]	5 mg/dia (crianças em torno de 37,5 kg) e 10 mg/dia (adulto em torno de 70 kg) [36]
Coliformes totais e termotolerantes*	Diarreia e infecções intestinais[1]	-
Cor aparente*	Diminui a aceitabilidade pela água devido a coloração, gosto e possível odor	-
Cromo total	Cancerígeno; danos ao DNA[18, 19]	25-35 mg/dia[17]
Dureza*	Efeitos laxativos[31]	-
*Escherichia coli**	Diarreia, cólicas, náuseas e dores de cabeça. Risco maior para a saúde de bebês, crianças pequenas e pessoas com sistema imunológico gravemente comprometido[1]. É a principal bactéria do grupo dos coliformes termotolerantes	-
Ferro*	Efeito estético de coloração avermelhada ou alaranjada; gosto metálico; pode provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano [9]	0,8 mg/kg/dia
Fluoreto	Nas crianças pode causar manchas esbranquiçadas nos dentes (fluorose dentária) e riscos de fraturas ósseas nos adultos[1.10]	1 mg/kg/dia (intoxicação aguda)
Gosto e Odor*	Efeitos sensoriais[32]	
Manganês total*	Ingestão em excesso (> 3 mg/dia) pode provocar quadro de intoxicação conhecido por manganismo; exposição a longo prazo pode gerar tremores permanentes, dificuldades de coordenação motora e problemas de memória[11]	-
Níquel total	Dermatite, doença cardiovascular, asma, fibrose pulmonar e câncer do trato respiratório[21]	70 µg/L[20]
Nitrato*	Falta de ar e síndrome do bebê azul; exposição a longo prazo pode resultar em metemoglobinemia em recém-nascidos, bem como em adultos com uma particular deficiência de enzimas[1 e 22]	4 mg/kg/dia (ingestão crônica, intermediária e aguda)[15]
Nitrito	Aceleração nos efeitos do nitrato. [33]	-
pH*	Importante para controlar problemas de incrustação e corrosão das redes de distribuição[12]	-
Selênio total	Perda de cabelo ou unhas; dormência nos dedos das mãos ou dos pés; problemas circulatórios; a exposição prolongada ao selênio inorgânico pode aumentar o risco de câncer[1 e 23]	0,005 mg/kg/dia (ingestão crônica)[15]
Sódio total*	Quando em excesso no sangue ocorre uma alteração no equilíbrio entre esses líquidos; o organismo retém mais água, sobrecarregando o coração e os rins, situação que pode levar à hipertensão; a pressão alta prejudica a flexibilidade das artérias e ataca os vasos, coração, rins e cérebro	-
Sólidos dissolvidos totais*	Efeito estético: dureza; depósitos; coloração; gosto salgado. Pessoas hipertensas devem evitar consumir águas com alta concentração de sais dissolvidos[9]	-
Sulfato	Desconforto no estômago e diarreias[24]	-
Sulfeto de hidrogênio	Por inalação pode causar insônia, dor de cabeça, náusea, fotofobia, rinites, queratoconjuntivite, tosse intensa e broncopneumonia.[34]	-

Parâmetros	Efeitos potenciais para a saúde humana	Nível de Risco Mínimo (MRL) / Consumo Diário Tolerável (TDI)
Surfactantes	O caráter anfótero facilita sua acumulação em organismos. Quando isso ocorre em proteínas, enzimas e membranas fosfolipídicas, essa modificação estrutural causa toxicidade nos órgãos[24]	-
Trihalometanos*	Podem provocar problemas no fígado, rins ou sistema nervoso central; aumento do risco de câncer.	Clorofórmio: 15 µg/kg/dia; Bromofórmio: 17,9 µg/kg/dia
Turbidez*	Pode causar sintomas de curto prazo, como náuseas, câimbras, diarreia e dores de cabeça[1]	-
Urânio total	Em sua forma natural, pode provocar problemas renais e ósseos.[35]	6 µg/kg corporal[20]
Zinco total*	Náusea e vômito, perda de apetite, diarreia, cólicas abdominais, dores de cabeça, função imunológica reduzida, diminuição dos níveis do colesterol "bom" (HDL); elevada ingestão crônica de zinco pode interferir na absorção de cobre e ferro[26]	12 mg/dia (mulheres); 15 mg/dia (homens); 19 mg/dia (grávidas)[27]

*Parâmetros que apresentaram violações no último ano (julho/2022 a julho/2023).
Referências: [1]US EPA, 2009; [2]CETESB, 2019; [3]CLETO, 2008; [4]ROSALINO, 2011; [5]FLANTEN, 2001; [6]RONDEAU *et al*., 2000; [7]BAKAR *et al*., 2020; [8] ANVISA, 2019; [9]US EPA, 2015; [10]YADAV *et al*., 2019; [11]UNIFESP, 2016; [12]BRASIL, 2006; [13]WHO, 2011; [14]CETESB, 2013; [15]ATSDR, 2019; [16]WHO, 2019; [17]Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine; [18]PEREIRA *et al*., 2012; [19]LINOS *et al*., 2011; [20]OMS, 2012; [21]CHEN *et al*., 2017; [22]FAN & STEINBERG, 1996; [23]VICENTI *et al*., 2018; [24]USEPA, 2003; [25]CSERHÁTI *et al*., 2002; [26]PRASAD *et al*., 2008; [27]Insitute of Medicine, 2002; [28]WHO, 1996; [29]WHO, 2017, [30]WHO, 2005, [31]SANTOS,2013, [32] FERREIRA FILHO, ALVES, 2006, [33] SCORSAFAVA, 2010, [34] DE SOUZA, 2010, [35] GOMES, 2013, [36] TAYLOR, 2020.

O cloro residual livre apresentou violação em todos os municípios investigados e ao longo de todo monitoramento, seja por ter obtido resultado inferior ou superior a faixa do limite aplicável. Embora o parâmetro tenha apresentado resultados violados no período de 2022/2023, as violações não foram observadas em todos os municípios conforme nos anos anteriores. Os municípios Baixo Guandu, Barra Longa, Colatina, Governador Valadares, Linhares, Marilândia, Santana do Paraíso e Tumiritinga foram os que apresentaram violação de cloro residual livre no último período enfatizado. Na grande maioria dos países, incluindo o Brasil, o cloro é o desinfetante mais utilizado durante o processo de desinfecção no tratamento de água, sendo aplicado principalmente para controle de microrganismos nocivos (MADZIVHANDILA & CHIRWA, 2017; ZHANG *et al*., 2017). No entanto, o cloro pode reagir com a matéria orgânica e inorgânica presentes na massa líquida, o que resulta no decaimento da sua concentração residual no decorrer do tempo (CASAGRANDE & SARMENTO, 1997). Caso não ocorra a sua reposição, pode haver um aumento no número de patógenos que são prejudiciais à saúde humana, tais como as bactérias do grupo coliforme (*E. coli*, por exemplo), que são indicadoras de contaminação fecal, além de ser um indicativo do

lançamento esgoto doméstico e/ou pela infiltração do efluente tratado com baixa eficiência (ALVES *et al*., 2008; LATORRACA, 2007). Por outro lado, altas concentrações de cloro podem levar a problemas de gosto e de odor ou a formação de subprodutos de desinfecção que são prejudiciais para a saúde humana, como por exemplo, os ácidos haloacéticos e trihalometanos (BLOKKER *et al*., 2014).

Os ácidos haloacéticos apresentaram violação em 13 dos 26 municípios investigados, não sendo nenhuma violação observada no ciclo de 2022/2023. Estes ácidos são derivados do ácido acético, onde os hidrogênios do grupo metilo, podem ser substituídos por cloro e/ou bromo (PAULL & BARRON, 2004). Estudos que expuseram uma comunidade à ácidos haloacéticos observaram um risco de redução de crescimento de crianças e do desenvolvimento intra-uterino, além do potencial cancerígeno (HINCKLEY *et al*., 2005; WHO, 2011). No caso dos trihalometanos, 16 dos 26 municípios avaliados apresentaram violação do parâmetro. No período de 2022/2023, somente os municípios Alpercata, Aracruz, Colatina, Galiléia e Periquito apresentaram violações do parâmetro. Esses municípios já haviam apresentado nos anos anteriores resultados acima do limite legal. Estudos epidemiológicos mostraram associações entre a exposição a estas substâncias e o câncer de bexiga, cólon e reto (VILLANUEVA *et al*., 2001; RICHARDSON *et al*., 2007). Além disso, Santos & Gouveia (2011) mostraram associações entre a presença de trihalometanos na água de abastecimento aos aspectos relacionados com recém-nascidos, como baixo peso ao nascer, prematuridade, malformação congênita, malformação no tubo neural e do sistema nervoso central.

Cloraminas totais apresentou somente uma violação em Governador Valadares em janeiro/2019, e com percentual total <1% de violação. De maneira geral, as cloraminas são formadas ocasionalmente, podendo causar problemas no sabor e odor da água. As cloraminas são rapidamente degradadas no estômago se ingeridas. Estudos com animais de laboratório demonstraram redução do peso corporal devido a ingestão de elevadas doses de cloramina na água, provavelmente devido ao sabor da água (WHO, 2017).

As bactérias heterotróficas apresentaram violação em 12 dos 26 municípios, e com percentual total < 20% de violação, enquanto coliformes totais e *E. coli* apresentaram violação em todos os 26 municípios investigados e ao longo de todo monitoramento. Ressalta-se que bactérias heterotróficas foram monitoradas somente em 2019 e 2018 portanto, as violações ocorreram somente nesse período, quanto à coliformes totais e *E. coli*, somente os municípios Aimorés, Alpercata, Aracruz e Resplendor deixaram de apresentar violações de coliformes totais no período de 2022/2023. Para coliformes termotolerantes, os resultados apresentaram violação em 15 dos 26 municípios, sendo o parâmetro avaliado somente a partir do período de 2021/2022. Todos os 15 municípios apresentaram violação do parâmetro tanto no ciclo de 2021/2022 como no último ciclo avaliado, em 2022/2023. A bactéria *E. coli,* do grupo coliformes, está presente no intestino humano, no entanto, dependendo de sua densidade, da vulnerabilidade do organismo e mesmo tipo de cepa, pode causar diarreia e, em outras partes do corpo podem levar a doenças graves, como infecção do trato urinário, meningite e bacteriemia. Uma baixa porcentagem de casos com exposição a esses patógenos desenvolve síndrome urêmica, que é caracterizada por insuficiência renal aguda e anemia hemolítica. Algumas cepas são capazes de produzir toxinas, que pode causar diarreia, cólicas abdominais, náuseas e dor de cabeça (WHO, 2017).

A presença de metais em recursos hídricos pode estar relacionada às atividades industriais, de mineração e despejo de esgoto doméstico (SREENIVASA RAO, 2006). No entanto, também existem fontes naturais, visto a ocorrência natural de alguns elementos, como por exemplo a presença de alumínio, ferro e manganês na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010). Alguns elementos são considerados essenciais para o funcionamento dos organismos, como ferro, manganês e zinco, enquanto outros, conhecidos como não-essenciais, possuem uma faixa de tolerância. Estes, no geral, apresentam maior toxicidade (ESTEVES, 1998).

O alumínio total apresentou violação em 23 dos 26 municípios investigados ao longo de todo monitoramento, com exceção dos municípios Aimorés, Fernandes Tourinho, Itueta, Marilândia, Resplendor, São Pedro dos Ferros e Sem Peixe, que deixaram de apresentar

violação do parâmetro no período de 2022/2023. Já alumínio dissolvido apresentou violações pontuais em 14 dos 26 municípios, sendo todos ocorridos na captação em sistemas com tratamento. Ressalta-se que as violações ocorreram nesses municípios tanto anos anteriores como no ciclo 2022/2023. A água tratada pode apresentar concentrações de alumínio residuais devido à sua presença na fonte de água, ou seja, na captação, como também pelo uso de coagulantes à base de sais de alumínio durante o processo de tratamento da água (ROSALINO, 2011). A ingestão de elevadas concentrações de alumínio pode gerar diferentes efeitos nocivos, como ulceração de lábios e boca, anemia microcítica, osteomalácia, intolerância à glicose devido à uremia e parada cardíaca (INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE, 2003; BASTOS, 2007). A encefalopatia é uma das principais manifestações observadas que indicam a neurotoxicidade do alumínio, uma vez que este elemento é capaz de se acumular no cérebro e induzir degeneração neurofibrilar e morte neuronal (RONDEAU *et al*., 2000). Vale destacar que, o alumínio dissolvido possui maior biodisponibilidade no meio aquático e em formas iônicas são mais tóxicos do que quando complexados. Como apontado anteriormente, somente a legislação para águas na captação de sistemas com abastecimento apresentam limite legal para alumínio dissolvido. Dessa forma, não é possível concluir acerca da toxicidade do alumínio, sobretudo em formas iônicas, como espécies Al^{3+}, por exemplo (ROSALINO, 2011).

O antimônio total apresentou violação em Linhares (março/2019) e Rio Doce (junho/2019), com percentuais totais < 1% de violação. O elemento e seus compostos são considerados perigosos para a saúde humana ou mesmo cancerígenos (FOWLER & GOERING, 1991; GEBEL *et al*., 1997; HAMMEL *et al*., 2000). A intoxicação aguda por antimônio se manifesta com dores no estômago, vômito, desidratação, dores musculares, câimbras, hematúria, enurese, cirrose hepática, necrose muscular, nefrite e pancreatite (PIERART *et al*., 2015). Elevadas concentrações de antimônio também podem levar a doenças cardíacas agudas e existem relatos relacionando o contaminante com a síndrome da morte súbita infantil (MCCALLUM, 2005). A intoxicação crônica se manifesta com alterações das funções pulmonares, bronquite crônica, enfisema, tuberculose precoce e aderências pleurais (PIERART *et al*., 2015; BELZILE *et al*., 2011).

O arsênio total apresentou violação em somente nos municípios de Galiléia e Linhares, com percentual total < 1% de violação, sendo nenhuma violação observada em 2022/2023. Indivíduos sujeitos à exposição crônica ao arsênio (média de 10 a 20 anos) podem desenvolver várias formas de câncer, tais como, câncer de pele, pulmão, próstata, bexiga, rins e fígado, além de graves doenças como patologias cutâneas, gastro-intestinais, cardiovasculares, hematológicas, pulmonares, neurológicas, endocrinológicas e reprodutivas (WHO, 2001). Além disso, alguns estudos mostraram efeitos adversos do elemento no crescimento e desenvolvimento fetal (MILTON *et al*., 2005; kWOK *et al*., 2006; VON EHRENSTEIN *et al*., 2006).

O bário total apresentou violação em Aimorés, Baixo Guandu, Colatina, Governador Valadares, Itueta, Linhares, Periquito Resplendor e São Mateus com percentuais totais < 2% de violação nas saídas de pontos com e sem tratamento e em com percentual em torno de 14% em pontos de captação subterrânea. Vale destacar que somente os municípios de Linhares e São Mateus apresentaram violação em 2022/2023, no entanto, nesse período em São Mateus, foi observado somente uma violação pontual em março/2023. A ingestão de água contendo elevadas concentrações de bário pode acarretar estímulo dos sistemas neuromuscular e cardiovascular, contribuindo para a hipertensão (HÉLLER & PÁDUA, 2006; CETESB, 2019). Esse elemento está associado a operações offshore de perfurações de petróleo e, geralmente, são detectados em concentrações acima dos limites legais em áreas litorâneas.

O cádmio total apresentou violação em 16 dos 26 municípios investigados somente nos anos de 2019 e 2020, mas, no geral, apresentou percentual total < 2% de violação. A forma inorgânica do cádmio é altamente tóxica para os humanos e a exposição se dá, principalmente, pela inalação e ingestão. A toxicidade aguda deste elemento está associada a dor abdominal intensa, náusea, vômito, diarreia, dor de cabeça ou vertigem, causar danos ao fígado e rins (PAN *et al*., 2010). Por outro lado, os sintomas de toxicidade crônica por cádmio incluem problemas respiratórios, disfunção renal, distúrbios do metabolismo do cálcio e doenças ósseas, como osteoporose e fratura óssea espontânea (WHO, 1992). No Japão, a doença 'itai-itai' é um exemplo de doença atribuída diretamente à exposição de longo prazo de

uma população ao cádmio por meio de alimentos e água. O cádmio também é listado como uma substância disruptora endócrina devido à sua capacidade de se ligar aos receptores de estrogênio celulares e, portanto, imitar as ações desses hormônios, desregulando seu mecanismo (DARBRE, 2006). Além disso, há evidência de que a exposição ao cádmio pode levar ao desenvolvimento de câncer de próstata e câncer de mama (WAALKES, 2003).

O chumbo total apresentou violação em 12 dos 26 municípios investigados, mas, no geral, apresentou percentual total < 1% de violação, sendo todos os resultados acima do limite legal observados anteriormente a 2022/2023. Em relação ao chumbo, há relatos de alterações neurocomportamentais após exposição ocupacional de chumbo e efeitos de desenvolvimento em crianças com exposição pré ou pós-natal precoce (LIDSKY & SCHNEIDER, 2003).

O cromo total apresentou violação em Governador Valadares, Galiléia e Periquito, com percentuais totais < 1% de violação. Nenhum resultado acima do limite legal para o parâmetro foi observado no ciclo de 2022/2023. Muitos estudos já comprovaram que o cromo pode ser altamente cancerígeno por ingestão ou exposição cutânea (SMITH, 2008; SMITH & STEINMAUS, 2009; STERN, 2010; OEHHA, 2011). Além disso, o cromo pode ser teratogênico, ou seja, capaz de contornar a barreira placentária e causar impactos negativos no desenvolvimento fetal (SAXENA *et al*., 1990).

O cobre total apresentou violação em Baixo Guandu, Colatina e Resplendor, com percentuais totais < 1% de violação, sendo todas ocorrências registradas em outubro/2018. Já cobre dissolvido apresentou violação pontual em Alpercata e Periquito, ambas em novembro/2022. O excesso de cobre no organismo, resultante de exposição excessiva ao metal ou distúrbios genéticos que afetam o metabolismo do cobre, pode desencadear sintomas como náuseas, vômitos, diarreia e, em casos graves, danos hepáticos e renais. A doença de Wilson, um distúrbio genético, contribui para a acumulação excessiva de cobre nos órgãos, especialmente no fígado e no cérebro, resultando em sintomas neurológicos e hepáticos (PRADO *et al*., 2004). Além disso, reações alérgicas ao cobre podem ocorrer, incluindo erupções cutâneas e coceira após contato direto com o metal. Durante a gravidez, a exposição excessiva ao cobre pode ter efeitos adversos sobre o desenvolvimento fetal, embora a

quantidade necessária para um desenvolvimento saudável seja geralmente obtida através de uma dieta equilibrada (STERN,2010 e TAYLOR,2020).

O ferro total apresentou violação em todos os municípios investigados ao longo de todo monitoramento, com exceção de Santa Cruz do Escalvado. No período de 2022/2023, ferro total deixou de apresentar violações somente nos municípios Aimorés, Aracruz, Galiléia, Itueta, Marilândia e São Pedro dos Ferros. Já ferro dissolvido apresentou violação em 14 dos 26 municípios. No ciclo de 2022/2023, todos eles apresentaram violações do parâmetro. O elemento contribui para o transporte de oxigênio no sangue e, de um modo geral, altas concentrações na água podem resultar em sabor ferroso e pouco atraente, além serem responsáveis por manchas em roupas e encanamentos (US EPA, 2002; SARIN *et al.*, 2004).

O manganês total apresentou violação em 25 dos 26 municípios investigados, não exibindo violação somente em Santa Cruz do Escalvado. Dos municípios que apresentaram violação, somente Aimorés, Marilândia, Rio Doce e São Pedro dos Ferros não apresentaram violação no último ciclo de 2022/2023, sendo observado em todos os demais municípios, violações ao longo de todo monitoramento. O manganês também pode causar alguns problemas na coloração da água, manchas e sujeiras nos sistemas de tratamento (SLY *et al.*, 1990). A exposição a este elemento atinge as funções do sistema nervoso e pode até causar uma síndrome irreversível do tipo Parkinson conhecida como manganismo, caracterizada por fraqueza, anorexia, dor muscular, apatia, fala lenta, expressão facial sem emoção, dificuldades posturais, rigidez, tremor, diminuição do estado mental e movimentos lentos desajeitados dos braços e pernas (MICHALKE *et al.*, 2007; ROCCARO *et al.*, 2007; MICHALKE *et al.*, 2014).

O níquel total apresentou violação somente nos municípios de Governador Valadares, Galiléia, Tumiritinga, Itueta e Periquito, exibindo percentual total < 1% de violação. Destaca-se que as violações pontuais do parâmetro ocorreram somente nos anos de 2019 e 2020. A exposição humana ao níquel pode provocar alergias na forma de dermatite de contato, fibrose pulmonar, doenças cardiovasculares e renais e câncer no trato respiratório (MCGREGOR *et al.*, 2000; SEILKOP & OLLER, 2003). Os efeitos agudos para a saúde, geralmente,

resultam de exposição de curto prazo a elevadas concentrações, que se manifestam como uma variedade de sintomas clínicos, como náuseas, vômitos, desconforto abdominal, diarreia, distúrbio visual, dor de cabeça, tontura e tosse (SEILKOP & OLLER, 2003).

O selênio total apresentou violação em Governador Valadares, Baixo Guandu, Periquito e Sem Peixe, com percentual total < 1% de violação, não sendo observada nenhuma violação no período de 2022/2023. O selênio é um elemento essencial para a saúde, porém em elevadas concentrações no corpo humano podem provocar perda de cabelo e unhas, lesões de pele, cárie dentária e anormalidades do sistema nervoso, como acroparestesia, dores nas extremidades e anestesia periférica. Além disso, há relatos de acroparestesia, disestesia, hiperreflexia, fraqueza motora, convulsões e hemiplegia (US EPA, 1992; QIN *et al*., 2013).

O urânio total apresentou somente uma violação no município de Caratinga (julho/2019). O urânio na sua forma natural pode ser encontrado nos alimentos, ar, solo e água. Sua ingestão em pequenas quantidades não é um problema, e ocorrem principalmente devido a sua presença na água potável oriunda de poços subterrâneos. Quando ingerido em concentrações elevadas afeta diretamente o sistema renal e pode ser depositado a longo prazo no sistema ósseo (GOMES, 2013).

O zinco total apresentou violação em 7 dos 26 municípios investigados, com percentual total < 1% de violação. Destaca-se violações pontuais do parâmetro no ciclo de 2022/2023 nos municípios de Linhares, Governador Valadares, Belo Oriente, Galiléia, Tumiritinga e Barra Longa. Com exceção de Barra Longa, as violações nesses municípios ocorrem pela primeira vez em 2022/2023. O excesso de zinco está associado à supressão da resposta imune, diminuição da lipoproteína de alta densidade (HDL) e à redução das concentrações de cobre e ferro no plasma (JEN & YAN, 2010).

O nitrato apresentou violação em 11 dos 26 municípios investigados, com percentuais totais < 6% de violação. Entre os 11 municípios, Belo Oriente, Caratinga, Galiléia, Governador Valadares, Periquito e Santana do Paraíso apresentaram resultados acima do limite legal no período anterior e no ciclo 2022/2023. Todos demais os municípios apresentaram violações somente no período anterior. De maneira geral, a tolerância ao nitrato por adultos é elevada, porém, bebês menores de seis meses de idade possuem bactérias no trato digestivo que reduzem o nitrato a nitrito, podendo haver envenenamento. Quando o nitrito alcança a corrente sanguínea, ocorre reação com a hemoglobina, diminuindo a capacidade de transporte do oxigênio. Nessa situação, a criança pode sofrer asfixia ficando com a pele azulada, sintomas típicos da meta hemoglobinemia ou síndrome do bebê azul. A doença é letal quando 70% da hemoglobina do corpo é convertida em meta hemoglobina (ZUBLENA *et al*., 2002). Portanto, quando o nitrito está presente em concentrações elevadas na água, o processo descrito ocorre mais rapidamente (SCORSAFAVA, 2010). O nitrito apresentou violações pontuais nos municípios Baixo Guandu, Linhares e Marilândia, sendo todos observados em 2019.

O limite da amônia foi violado em 13 dos 26 municípios avaliados, com percentuais totais <2% de violação. Ressalta-se que somente os municípios de Baixo Guandu e Linhares que apresentaram violações tanto anteriormente quanto no período de 2022/2023, todos demais exibiram violações do parâmetro somente nos anos anteriores a 2022/2023. Na água potável, a amônia não é de relevância imediata para a saúde, mas pode comprometer a eficiência da desinfecção e promover a formação de nitrito, que leva a falha na remoção do manganês e problemas de sabor e odor (WHO, 2017). No entanto, dependendo de suas concentrações ingeridas, pode influenciar o metabolismo ao alterar o equilíbrio ácido-base, atrapalhando tolerância à glicose e reduzindo a sensibilidade a insulina (WHO, 1996).

Os surfactantes apresentaram violação em 18 dos 26 municípios investigados, com percentuais totais, no geral, <5% de violação. Vale destacar que todos resultados que apresentaram violação foram observados no ano de 2019. Os surfactantes são conhecidos por sua solubilidade e propriedades de limpeza e, por este motivo, estão na composição de

detergentes e outros produtos de limpeza (YING, 2006). Alguns estudos relataram que os surfactantes podem provocar toxicidade sanguínea e irritações na pele e olhos (KARMAN *et al*., 2006; FUJIII *et al*., 2007).

A cor aparente apresentou violação em todos os municípios investigados ao longo de todo monitoramento, com exceção dos municípios Aimorés, Aracruz, Baixo Guandu, Bugre, Itueta, Resplendor, Santa Cruz do Escalvado e São Pedro dos Ferros, os quais apresentaram violações somente anteriormente ao último ciclo de 2022/2023. A turbidez só não ultrapassou os limites legais no município de Bugre. Dos 25 municípios que apresentaram violações do parâmetro, Marilândia, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado e São Pedro dos Ferros, apresentaram violações somente no período prévio a 2022/2023. Já sólidos dissolvidos totais ultrapassou os limites legais em 7 dos 26 municípios, com percentuais totais < 1% de violação. Somente em Baixo Guandu, Galiléia e São Mateus foram observadas violações no último período 2022/2023. Valores elevados de sólidos dissolvidos totais, cor aparente e turbidez nas águas de consumo diminuem a aceitabilidade pela água, o que pode resultar em redução da ingestão de água ou busca de fontes alternativas que podem não ser seguras. Além disso, em níveis elevados, podem levar à coloração de roupas e interferir na eficácia dos processos de tratamento (WHO, 2017). O gosto e odor apresentou violações em 18 dos 26 municípios investigados, com percentuais totais <10% de violação. Os valores acima do limite legal nos municípios foram observados tanto anteriormente como no último ciclo 2022/2023, com exceção do município de Sem Peixe, que apresentou violação somente anteriormente ao último ciclo enfatizado. A presença de valores elevados pode estar relacionada com a existência de compostos orgânicos produzidos por algas e microorganismos, a agentes desinfetantes ou por problemas na operação do abastecimento de água. Seus efeitos são exclusivamente sensoriais (FERREIRA FILHO, ALVES, 2006).

O cloreto total apresentou violações pontuais nos municípios de Aracruz, Baixo Guandu, Barra Longa, Galiléia, Governador Valadares, Linhares e São Mateus, com destaque para Galiléia e São Mateus, os quais apresentaram violações tanto antes quanto no período 2022/2023. Todos demais apresentaram violações somente anteriormente ao período

enfatizado. O sódio total apresentou violações pontuais em 13 dos 26 municípios, com destaque para São Mateus que exclusivamente apresentou violações previamente e no período de 2022/2023. O cloreto, de maneira geral, não apresenta toxicidade aos seres humanos, com exceção em casos de deficiência no metabolismo do cloreto de sódio, por exemplo, na insuficiência cardíaca congestiva. A concentração de cloreto em águas para abastecimento público pode provocar um sabor "salobro" na água (CETESB, 2016). O mesmo é válido para o sódio, onde concentração acima de 200 mg/L pode resultar em um gosto não aceitável à (CETESB, 2016). De forma semelhante, a dureza provocada pela presença de bicarbonatos e carbonatos na água, quando encontrada em concentrações elevadas podem causar gosto desagradável e reduzir a formação de espumas. Em seres humanos, pode provocar efeitos laxativos (SANTOS, 2013). A dureza foi violada nos municípios Aimorés, Baixo Guandu, Caratinga, Colatina, Fernandes Tourinho, Governador Valadares, Itueta, Resplendor e São Mateus. Somente nos municípios de Fernandes Tourinho e São Mateus as violações foram observadas tanto antes como no período 2022/2023.

O sulfato total apresentou somente uma violação pontual no município de Governador Valadares em setembro/2018. Elevadas concentrações na água tratada podem provocar efeito laxativo (CETESB, 2016). Na rede de esgoto, se há depósito de matéria orgânica, o sulfato pode ser transformado em sulfeto, sendo que a reação tem como produto o gás sulfídrico, que pode resultar em problemas de corrosão e odor, além de ser tóxico se inalado em excesso (CETESB, 2016). O sulfeto de hidrogênio apresentou somente uma violação em Baixo Guandu (2019), e violações pontuais em Linhares (2018 e 2019). A presença no ar atmosférico pode causar insônia, dor de cabeça, náusea, fotofobia, rinites, queratoconjuntivite, tosse intensa e broncopneumonia (DE SOUZA, 2010).

O fluoreto apresentou violação em Aracruz, Barra Longa, Governador Valadares e Tumiritinga, com percentuais totais <13% de violação. Vale ressaltar que todas as violações foram observadas no período de 2018/2019. Após ingerido, o fluoreto é retido nos ossos e uma pequena parte nos dentes, e sua eliminação é influenciada pelo estado de saúde e grau de

exposição. Concentrações elevadas de fluoreto podem aumentar a incidência da fluorose dentária (CETESB, 2016).

O pH apresentou violação em 24 dos 26 municípios avaliados, não exibindo valores acima do limite legal somente nos municípios de Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado. Desses 24 municípios, Aimorés, Alpercata, Baixo Guandu, Bugre, Fernandes Tourinho, Resplendor, São José do Goiabal, São Mateus, São Pedro dos Ferros e Sem Peixe apresentaram resultados acima do limite legal somente previamente ao período anual 2022/2023. Normalmente, o pH não apresenta impacto para os consumidores, mas é fundamental para garantir a qualidade final da água tratada, especialmente nas etapas de clarificação e desinfecção do tratamento. Além disso, o controle do pH no sistema de distribuição diminui a probabilidade de corrosão ou incrustação nos encanamentos e, consequentemente, evita contaminação e efeitos adversos, alterando sabor e cor da água (WHO, 2017).

Dessa forma, nota-se que a qualidade da água para o consumo humano depende não só da presença ou ausência de tratamento, do tipo de tratamento, manutenção e gestão, mas também da qualidade dos recursos a extrair. Como tal, a água pode apresentar diversas alterações que prejudicam a sua qualidade.

8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório apresentou os resultados integrados do PMQACH de setembro de 2018 a julho de 2023, dando enfoque no último ciclo de monitoramento (julho/2022 a julho/2023) no qual foram considerados 183 pontos, distribuídos em 26 municípios. As avaliações consistiram em quantificar por município, ponto de amostragem, tipo de captação (subterrânea e superficial) e tratamento, os percentuais de violação às legislações aplicáveis. Além disso, a partir de análises estatísticas foram avaliadas também as tendências temporais em relação as concentrações dos parâmetros ao longo dos ciclos de monitoramento e a influência da sazonalidade (período seco e chuvoso) nos resultados.

Primeiramente cabe destacar parâmetros que permaneceram abaixo do limite de quantificação do respectivo método durante todo o período em que foram monitorados, especialmente agrotóxicos e substâncias organolépticas (setembro de 2018 a janeiro de 2022). Além desses, os parâmetros antimônio, mercúrio, bromato, clorito, clorofila, as cianotoxinas investigadas e os parâmetros biológicos *Giardia spp*. e *Cryptosporodium spp*. também permaneceram abaixo do limite de quantificação em todos os municípios. Embora não tenham apresentado todos os resultados abaixo do limite de quantificação, os parâmetros arsênio, cádmio, cromo, chumbo, níquel, selênio, sulfeto e urânio apresentaram mais de 90% dos resultados abaixo do LQ. Outros parâmetros, embora quantificados, não apresentaram resultados acima de seus respectivos limites das legislações aplicáveis: cianeto, clorofila-a, cloreto, cobre total, cobre dissolvido, densidade de cianobactérias, nitrito, sódio total, sulfato total e zinco total.

Em pontos sem tratamento, de modo geral, os parâmetros mais relevantes em termos de desconformidade com a legislação foram: cloro residual livre, coliformes totais, *E. coli,* ferro total, cor aparente, turbidez, manganês total, bactérias heterotróficas, pH, gosto e odor, alumínio total e nitrato. O cloro residual livre, que apresentou os mais elevados percentuais de violação, deixou de ser monitorado em pontos sem tratamento a partir da primeira revisão bianual do PMQACH (em janeiro de 2022). Os elevados percentuais de violação são referentes ao período anterior a esta revisão, e ocorreram na maioria das vezes em desconformidade com o limite inferior legal, o que é esperado por se tratar de pontos sem tratamento. O cloro é um dos principais componentes utilizados no tratamento de água, sendo eficiente na remoção de microrganismos da água. A baixa concentração ou inexistência de cloro em pontos sem tratamento de água, pode explicar os elevados percentuais de violação para coliformes e *E. coli.* Além disso, boa parte dos municípios não possuem esgotamento sanitário adequado, o que ajuda a explicar a contaminação biológicas das águas.

Em pontos com tratamento, os parâmetros que apresentaram as maiores desconformidade na captação superficial foram coliformes termotolerantes, *E. coli*, ferro dissolvido, alumínio dissolvido, manganês total e turbidez. Na captação subterrânea, os parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação foram ferro total, manganês total, bário total, fluoreto, *E. coli* e coliformes termotolerantes.

Na saída do tratamento, os parâmetros mais importantes foram, trihalometanos totais, cloro residual livre, alumínio total, coliformes totais e pH. Neste caso, interessante notar que as violações para cloro residual foram, no geral, em desconformidade com o limite inferior indicado pela legislação, e aconteceram junto com violações para coliformes. Esse resultado mostra a importância da condução correta do tratamento de água para eliminação de contaminantes biológicos. Enquanto a ausência do cloro favorece a contaminação microbiológica, concentrações mais elevadas favorecem a formação de subprodutos indesejados quando há presença de matéria orgânica, como trihalometanos e ácidos haloacéticos, o que, de fato, foi observado em pontos com tratamento. As ocorrências de violação do cloro e de subprodutos tóxicos do processo de cloração, assim como a presença

de parâmetros microbiológicos em pontos com tratamento, indicam a necessidade de ajuste operacional na etapa de desinfecção.

As análises estatísticas demonstraram, de maneira geral, uma influência mais evidente da pluviosidade (sazonalidade) e dos anos amostrados (temporalidade) nos dados de captação em comparação aos dados de saída. Os parâmetros mais fortemente influenciados pela sazonalidade foram os metais, cor aparente e turbidez.

Os dados demonstram a importância do tratamento para a melhora da qualidade da água, especialmente em relação a contaminação microbiológica, percentual de sólidos representados pela turbidez e cor aparente, assim como para alguns metais, em especial ferro total e manganês total. O atendimento integral aos limites legais de potabilidade pode demandar instalação ou adequação das etapas de tratamento com o objetivo de controlar parâmetros específicos conforme particularidades de cada ponto. Além disso, é indispensável a manutenção e operação adequada dos processos de tratamento, com a manutenção dos filtros, ajustes do pH, dosagens de coagulante e do produto para desinfecção adequadas, com o objetivo de garantir a concentração de cloro residual no sistema e evitar a formação de subprodutos indesejados e a presença de bactérias e organismos patogênicos.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. C. *et al.* Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó-Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Revista Acta Scientiarum Technology, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

AMARANENI, S. R. Distribution of pesticides, PAHs and heavy metals in prawn ponds near Kolleru lake wetland, India. Environment international, v. 32, n. 3, p. 294-302, 2006.

ANDRADE, Rosane Cristina de. Aplicação do dióxido de cloro no tratamento de água para consumo humano: desinfecção para controle de oocistos de Cryptosporidium sp., formação de subprodutos e manutenção de residuais desinfetantes em sistemas de distribuição. 2010.

BARROS, A. R. B. Remoção de ions metálicos em água utilizando diversos adsorventes. 2001. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

BELZILE, N., CHEN, Y. W., FILELLA, M. Human exposure to antimony: I. Sources and intake. Critical reviews in environmental science and technology, 41(14), 1309-1373. 2011.

BETTEGA, J. M. P. R *et al.* Métodos analíticos no controle microbiológico de água para consumo humano. Cienc. agrotec. Vol. 30, n.5, pp.950-954. ISSN 1413-7054. 2006.

BLOKKER, M., VREEBURG, J., SPEIGHT, V. Residual chlorine in the extremities of the drinking water distribution system: the influence of stochastic water demands. Procedia Engineering, n. 70, p. 172-180. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Controle da qualidade da água. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) ISBN 85-334-1240-1 1. 2006.

CASAGRANDE, J., SARMENTO, R. O uso de modelagem matemática de qualidade de água no controle de cloro residual em sistemas de distribuição. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental,19. Anais. Foz do Iguaçu, Pr.: ABES, 1997, v. 2.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Apêndice E Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. 2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo. Boletim 2017.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. 2019. Ficha de Informações toxicológicas [Bário]. Acesso em novembro 2021.

CONTE, V. D., COLOMBO, M., ZANROSSO, A. V., SALVADOR, M. Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas na região nordeste do Rio Grande do Sul. Infarma, v.16, n.11-12, p. 83-84, 2004.

COTTA, J. A. O., REZENDE, M. O. O., PIOVANI, M. R. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira - PETAR, São Paulo, Brasil. Quim Nova, v.29, n.1, p.40-45, 2006.

CUNHA, Fernanda Gonçalves da; VIGLIO, Eduardo Paim. Geoquímica das amostras de água e de sedimento coletadas na região do Rio Doce em 2010 e 2015. 2016.

DANIEL, L. A. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. EESC-USP, UFRG, UnB, Unicamp, UFMG. São Carlos, SP. 2001.

DARBRE, P. D. Metalloestrogens: An emerging class of inorganic xenoestrogens with potential to add to the oestrogenic burden of the human breast. Journal of Applied Toxicology, 26, 191–197. 2006.

DE SOUZA, Cláudio Leite. Estudo das rotas de formação, transporte e consumo dos gases metano e sulfeto de hidrogênio resultantes do tratamento de esgoto doméstico em reatores UASB. 2010.

ECOPLAN-LUME. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Volume III - Relatório Final. Junho de 2010.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. Interciência. 1998.

FERREIRA FILHO, S., SAKAGUTI, M. Comportamento cinético do cloro livre em meio aquoso e formação de subprodutos da desinfecção. Eng. Sanit. Ambient. Rio de Janeiro, p. 198-206. abr. 2008.

FERREIRA FILHO, Sidney Seckler; ALVES, Rosemeire. Técnicas de avaliação de gosto e odor em águas de abastecimento: método analítico, análise sensorial e percepção dos consumidores. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 11, p. 362-370, 2006.

FOWLER, B. A., GOERING ANTIMONY, P. L., MERIAN, E. (Ed.), Metals and their compounds in the environment, VCH, Weinheim, New York, Basel, Cambridge, 1991.

FRAZÃO, Paulo; PERES, Marco A.; CURY, Jaime A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. Revista de Saúde Pública, v. 45, p. 964-973, 2011.

FUJII, S., *et al*. New POPs in the water environment: Distribution, bioaccumulation and treatment of perfluorinated compounds-A review paper. Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA, 56: 313-326. 2007.

FUNASA. Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa / Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 36 p.

FUNASA. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde. Brasília, 2014.

GEBEL, T., CHRISTENSEN, S., DUNKELBERG, H. Comparative and environmental genotoxicity of antimony and arsenic. Anticancer research, v. 17, n. 4A, p. 2603-2607, 1997.

GOMES, Gerson Silva. Exposição a urânio natural em águas subterrâneas e efeitos renais: uma revisão de literatura. 2013.

HAMMEL, W., DEBUS, R., STEUBING, L. Mobility of antimony in soil and its availability to plants. Chemosphere, v. 41, n. 11, p. 1791-1798, 2000.

HÉLLER, L., PÁDUA, V. (Orgs.). Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte, Editora UFMG, 860p. 2006.

HINCKLEY, A., BACHAND, A., REIF, J. Late Pregnancy Exposures to Disinfection By-products and Growth-Related Birth Outcomes. Environmental Health Perspectives. 113:1808-13. 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Brasil 2002. Disponível em: www.ibge.gov.br, acesso em outubro de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - Brasil 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br, acesso em outubro de 2021.

IGAM, 2010. Plano de ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos Santo Antônio – PARH Santo Antônio.

JEN, M., YAN, A. C. Syndromes associated with nutritional deficiency and excess. Clin Dermatol., v. 28, n. 6, p. 669-85, nov./dez. 2010.

KÄRRMAN, A., *et al*. Perfluorinated chemicals in relation to other persistent organic pollutants in human blood. Chemosphere, 64(9), 1582-1591. 2006.

KWOK, R. K., KAUFMANN, R. B., JAKARIYA, M. Arsenic in drinking-water and reproductive health outcomes: a study of participants in the Bangladesh Integrated Nutrition Programme. J Health Popul Nutr 2006; 24:190-205.

LATORRACA, T. J. F., FILHO, J. F. P., GOMES, L. A. Análise do desempenho do sistema de impermeabilização basal das células em um aterro sanitário, estudo por meio de dados de monitoramento das águas subterrâneas. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro Oeste, Cuiabá. Mato Grosso, 2007.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3º ed. Campinas: Editora Átomo, 2010.

LIDSKY, T. L., SCHNEIDER, J. S. Lead neurotoxicity in children: basic mechanisms and clinical correlates, Brain, 126, 2003, 5–19.

LIMA, G. M. D. Desenvolvimento de correlação de formação de ácidos haloacéticos em água contendo substância húmica oxidada com cloro. Mestrado em Tecnologia ambiental. 2014.

LIMA, J. C. A. L. Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano. Universidade Federal de Pernambuco. 2012.

MACHADO, R. P., AUGUSTO, R. S., MARTINS, O. A. Análise química da água de nascentes nas cidades de Avaré e Cerqueira César, São Paulo. Revista Eletrônica de Educação e Ciência, 02, 40-44. 2012.

MADEIRA, V. S. Desenvolvimento de um carvão adsorvente para remoção de íons ferro em águas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2003. 89 p.

MADZIVHANDILA, V., CHIRWA, E. M. N. Modeling Chlorine Decay in Drinking Water Distribution Systems using Aquasim.Chemical Engineering Transactions, v. 57, p. 1111- 1116. 2017.

MARMONTEL, C. V. F., RODRIGUES, V. A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. Floresta e Ambiente, v. 22, n. 2, 2015.

MCCALLUM, R. I. Occupational exposure to antimony compounds. Journal of Environmental Monitoring, v. 7, n. 12, p. 1245-1250, 2005.

MCGREGOR D. B., *et al*. Evaluation of the carcinogenic risks to humans associated with surgical implants and other foreign bodies – a report of an IARC Monographs Programme Meeting. Eur. J. Cancer., 36: 307-313. 2000.

MEYER, S. T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 10, 99-110. 1994.

MICHALKE, B., FERNSEBNER, K. New insights into manganese toxicity and speciation. Journal of trace elements in medicine and biology, v. 28, n. 2, p. 106-116, 2014.

MICHALKE, B., HALBACH, S. NISCHWITZ, V. Speciation and toxicological relevance of manganese in humans. Journal of Environmental Monitoring, v. 9, n. 7, p. 650-656, 2007.

MILTON, A. H., *et al*. Chronic arsenic exposure and adverse pregnancy outcomes in Bangladesh. Epidemiology 2005; 16:82-6.

MORUZZI, R. B., REALI, M. A. P. Oxidação E Remoção De Ferro E Manganês Em Águas Para Fins De Abastecimento Público Ou Industrial – Uma Abordagem Geral. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 4, n. 1, p. 29-43, 2012.

NARCISO, M. G., GOMES, L. P. Qualidade da água subterrânea para abastecimento público na Serra das Areias, Aparecida de Goiânia –GO. Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v. 21, n.21, p. 4-18, 2004.

OHHEA. Office of Environmental Health Hazard Assessment California Environmental Protection Agency. Public health goal of hexavalent chromium in drinking water. Corrected portions of draft PHG document for hexavalent chromium 2010. January 25, 2011.

PAN, J., *et al*. Cadmium levels in Europe: implications for human health. Environmental geochemistry and health, v. 32, n. 1, p. 1-12, 2010.

PARRON, M. P., MUNIZ, D. H. F., PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas. ISSN 1980-3958, Documentos 232, Colombo – PR. 2011.

PAULL, B., BARRON, L. Using ion chromatography to monitor haloacetic acids in drinking water: a review of current technologies. Journal of Chromatography A, v.1046, p.1–9, 2004.

PEIXOTO, F. S., SILVEIRA, R. N. M. C. Bacia hidrográfica: tendências e perspectivas da aplicabilidade no meio urbano. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 10, n. 3, p. 840 - 853, 2017.

PIERART, A. *et al*. Antimony bioavailability: kNowledge and research perspectives for sustainable agricultures. Journal of hazardous materials, v. 289, p. 219-234, 2015.

PIRH DOCE. Revisão e Atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce (PIRH Doce), Incluindo seus Respectivos Planos Diretores de Recursos Hídricos (PDRHs)/Planos de Ações de Recursos Hídricos (PARHs), e Proposta de Enquadramento dos Corpos de Água da Bacia em Classes segundo os Usos Preponderantes e Atualização do Enquadramento dos Cursos d'Água da Bacia do Rio Piracicaba. Produto 3, 2021.

PRADO, Ana Lúcia Cervi; DA FONSECA, Dilma CBRP. Uma Revisão sobre a Doença de Wilson relato de caso. Saúde (Santa Maria), p. 69-75, 2004.

QIN, H. *et al*. The bioavailability of selenium and risk assessment for human selenium poisoning in high-Se areas, China. Environment international, v. 52, p. 66-74, 2013.

RICHARDSON, S. D., *et al*. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research. Mutation Research/Reviews in Mutation Research, v. 636, n. 1-3, p. 178-242, 2007.

RICHTER, C. A., AZEVEDO NETO, J. M. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

ROCCARO, P., *et al*. Removal of manganese from water supplies intended for human consumption: a case study. Desalination, v. 210, n. 1-3, p. 205-214, 2007.

RONDEAU, V., *et al*. Relation between aluminum concentrations in drinking water and Alzheimer's disease: an 8-year follow-up study. American journal of epidemiology, v. 152, n. 1, p. 59-66, 2000.

ROSALINO, M. R. R. Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Novembro 2011.

ROSALINO, Melanie Roselyne Rodrigues. Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano. 2011. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

SALES, A. E. T. Estudos da Balneabilidade das Praias Urbanas do Município de Natal durante o ano de 2005: Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária. UFRGN. Rio Grande do Norte, 2005.

SANTOS, Renata Souza. SAÚDE E QUALIDADE DA ÁGUA: ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUA SUBTERRÂNEAS. Revista contexto & saúde, v. 13, n. 24-25, p. 46-53, 2013.

SANTOS, S. M., GOUVEIA, N. Presença de trialometanos na água e efeitos adversos na gravidez. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 14, p. 106-119, 2011.

SARIN, P. *et al*. Iron release from corroded iron pipes in drinking water distribution systems: effect of dissolved oxygen. Water research, v. 38, n. 5, p. 1259-1269, 2004.

SAXENA, D. K. *et al*. Fetoplacental-maternal uptake of hexavalent chromium administered orally in rats and mice. Bulletin of environmental contamination and toxicology, v. 45, n. 3, p. 430-435, 1990.

SCHIRMER, M., LESCHIK, S., MUSOLFF. Current research in urban hydrogeology – A review. Advances in Water Resources 51, p. 280–291. 2013.

SCORSAFAVA, Maria Anita *et al*. Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 69, n. 2, p. 229-232, 2010.

SECO, B. M. S., BURGOS, T. N., PELAYO, J. S. Avaliação bacteriológica das águas de bebedouros do campus da Universidade Estadual de Londrina –PR. Semina cienc. biol. saúde. 33(2):193-200. 2012.

SEILKOP, S. K., OLLER, A. R. Respiratory cancer risks associated with low-level nickel exposure: an integrated assessment based on animal, epidemiological, and mechanistic data. Regulatory Toxicology and Pharmacology, v. 37, n. 2, p. 173-190, 2003.

SILVA, B. H. L., MELO, B. H. E. Trihalometanos em água potável e riscos de câncer: simulação usando potencial de interação e transformações de bäcklund. Química Nova, 38, 309-315. 2015.

SILVA, R. S. B. *et al*. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. Ambiente e Água, 13, e207. 2018.

SLY, L. I., HODGKINSON, M. C., ARUNPAIROJANA, V. Deposition of manganese in a drinking water distribution system. Applied and environmental microbiology, v. 56, n. 3, p. 628-639, 1990.

SMITH, A. H. Commentary: Hexavalent Chromium, Yellow Water, and Cancer a Convoluted Saga. Epidemiology, p. 24-26, 2008.

SMITH, A. H., STEINMAUS, C. M. Health effects of arsenic and chromium in drinking water: recent human findings. Annual review of public health, v. 30, p. 107-122, 2009.

STERN, A. H. A quantitative assessment of the carcinogenicity of hexavalent chromium by the oral route and its relevance to human exposure. Environ Res 110:798–807. 2010.

STERN, Bonnie Ransom. Essentiality and toxicity in copper health risk assessment: overview, update and regulatory considerations. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, v. 73, n. 2-3, p. 114-127, 2010.

TAYLOR, Alicia A. et al. Critical review of exposure and effects: implications for setting regulatory health criteria for ingested copper. Environmental management, v. 65, p. 131-159, 2020.

TOMINAGA, M. Y., MIDIO, A. F. Exposição humana a trialometanos presentes em água tratada. Rev. Saúde Pública, 33, 413-21, 1999.

US EPA. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). The Integrated Risk Information System (IRIS) Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH. 1992.

US EPA. U.S. Environmental Protection Agency (online). Drinking Water Contaminants. Last updated on Tuesday, November 26th, 2002.

VIEIRA, R. H. S. F., OLIVEIRA, R. A. Avaliação do grau de contaminação fecal da água e do camarão sossego (*Macrobrachium jelskii*), na Lagoa Parangaba (Fortaleza, Ceará). Higiene Alimentar, v. 15, n. 85, p. 61-64, 2001.

VILLANUEVA, C. M., KOGEVINAS, M., GRIMALT, J. O. Cloración del agua potable y efectos sobre la salud: revisión de estudios epidemiológicos. Med. Clin., v. 117, p. 27–35, 2001.

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. Ambiente e Sociedade, 19, 83-102. 2016.

VIOLA, Z. G. G., BARBOSA, F. A. R., ALMEIDA, K. C. B. Avaliação dos indicadores de qualidade de água para subsidiar propostas de conservação e manejo da bacia do rio doce em minas gerais – Brasil. Interfaces Científicas – Saúde e Ambiente, 5, 51-64. 2016.

VON EHRENSTEIN, O. S., *et al*. Pregnancy outcomes, infant mortality, and arsenic in drinking water in West Bengal, India. Am J Epidemiol. 163(7):662-9. 2006.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG/ Departamento de Engenharia Sanitária, 2005. v.1, 452p.

WAALKES, M. P. Cadmium carcinogenesis. Mutation Research, 533, 107–120. 2003.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Chlorite and Chlorate in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines Drinking-water Quality. Geneva: WHO,2005.

WHO. World Health Organization. Arsenic and arsenic compounds. Geneva: International Programme on Chemical Safety; 2001.

WHO. World Health Organization. Cadmium: Environmental aspect, environmental health criteria, 135. Geneva: 1992.

WHO. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 2011.

WHO. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 1996.

WHO. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 2017.

YAMAGUCHI, M. U., *et al*. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. O mundo da saúde, 37(3), 312-320. 2013.

YING, G. Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment. Environment international, v. 32, n. 3, p. 417-431, 2006.

ZHANG, C. *et al*. Effect of pipe materials on chlorine decay, trihalomethanes formation, and bacterial communities in pilot-scale water distribution systems. International Journal of Environmental Science and Technology, v. 14, n. 1, p. 85-94, 2017.

Anexo 1 - Banco de Dados PMQACH

Anexo 2 - Percentual de violações legais por município

Anexo 3 - ART Responsável Técnico

DocuSign Envelope ID: 969DC69A-73C9-4533-B28F-9340CD870F4D

Serviço Público Federal
Conselho Federal de Biologia
Conselho Regional de Biologia - 4ª Região

Situação: DEFERIDO	Data: 26/10/2021
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART	Nº: 20211000112378

CONTRATADO

Nome DEBORAH REGINA DE OLIVEIRA E SILVA	Registro CRBio: 087804/04-D
Cpf: 079.429.846-05	Tel: 31 34864112
E-mail: DEBORAH.UFMG@GMAIL.COM	
Endereço RUA CORONEL FABRICIANO, 92102	
Cidade: BELO HORIZONTE	Bairro: SANTA INÊS
CEP: 31.080-340	UF: MG

CONTRATANTE

Nome ECOLOGY AND ENVIRONMENT DO BRASIL LTDA	
Registro	CPF/CGC/CNPJ: 01.766.605/0001-50
Endereço AVENIDA PRESIDENTE WILSON, 231, 231	
Cidade RIO DE JANEIRO	Bairro CENTRO
CEP: 20.030-905	UF: R
Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

Natureza Prestação de Serviço - EXECUÇÃO DE ESTUDOS, PROJETOS DE PESQUISA E/OU SERVIÇOS			
Identificação CONTRATAÇÃO DE CONSULTORIA TÉCNICA EM GARANTIA E CONTROLE DE QUALIDADE DE DADOS AMBIENTAIS			
Município do Trabalho: BELO HORIZONTE,	UF :MG	Município da sede: RIO DE JANEIRO,	UF :RJ

Forma de participação: EQUIPE	Perfil da equipe: MULTIDISCIPLINAR (BIÓLOGOS, OCEANÓGRAFOS, ENGENHEIROS, GEÓGRAFOS).
Área do Conhecimento: ECOLOGIA, LIMNOLOGIA, ZOOLOGIA	Campo de Atuação: MEIO AMBIENTE E BIODIVERSIDADE

Descrição sumária da atividade: Coordenação Geral, elaboração de relatórios técnicos de análise e consistência de dados de monitoramento, elaboração de relatórios de monitoramento de água para consumo humano, elaboração de relatórios de curva chave, elaborações de relatórios executivos e relatórios diversos de baixa, média e alta complexidade relativos ao programa de monitoramento hídrico na bacia do rio Doce. Atividades de vistorias em campo e em laboratório. Participação em reuniões técnicas com órgãos ambientais, participação em workshops e eventos técnicos. Revisões do programa de monitoramento.

Valor: R$ 159.300,00	Total de horas: 1080
Início 06/08/2021	Término

ASSINATURAS

verifique a autenticidade

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 27/10/2021 DocuSigned by: Deborah Silva Assinatura do Profissional	Data: 27/10/2021 DocuSigned by: Assinatura e Carimbo do Contratante

Solicitação de baixa por distrato

Data: / / Assinatura do Profissional

Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante

Solicitação de baixa por conclusão

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / / Assinatura do Profissional

Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante