

Abril 2019



PRODUTO 3 v.4.1: RELATÓRIO FINAL DE ANÁLISE DOS DADOS PARA O LEVANTAMENTO DO STATUS DO MONITORAMENTO HIDROMETEREOLÓGICO E DE QUALIDADE DE ÁGUA DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO – DF/GO E SUBSEQUENTE ELABORAÇÃO DE PLANO DE MONITORAMENTO



Talita C. Beck

Keila Oliveira

Lia Kroeffer

Este estudo é financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). As opiniões expressas neste estudo são as dos autores e não refletem necessariamente a posição do BID, da sua Diretoria Executiva, ou dos países que ela representa.

LISTA DE FIGURAS.....	4
LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE SIGLAS.....	9
1. METODOLOGIA.....	11
1.1. Caracterização física da região de estudo.....	11
1.1.1. Determinação dos aspectos hidrológicos	11
1.1.2. Mapas de relevo e pedologia	14
1.2. Análise da dinâmica do uso do solo na região de estudo	14
1.3. Análise da dinâmica da população na região de estudo.....	16
1.4. Análise de adequabilidade de esgotamento sanitário na região de estudo.....	16
1.5. Análise da distribuição espacial das estações	17
1.6. Análise de dados meteorológicos	18
1.7. Análise de dados pluviométricos e fluviométricos	19
1.7.1. Dados pluviométricos.....	19
1.7.2. Análise de dados fluviométricos	21
1.7.3. Testes estatísticos aplicados a dados pluviométricos e fluviométricos.....	23
1.7.3.1. Mann Whitney (U).....	23
1.7.3.2. Boxplot	24
1.8. Análise das vazões de referência para outorgas.....	24
1.9. Análise de qualidade - águas superficiais.....	24
1.10 Análise de águas subterrâneas.....	31
2. RESULTADOS	31
2.1. Caracterização física da região de estudo.....	31
2.1.1. Aspectos hidrológicos da área de interesse.....	31
2.1.2. Relevo e pedologia na área de interesse	34
2.2. Dinâmica do uso do solo da região de estudo	37
2.3. Dinâmica da população na região de estudo	40
2.4. Adequabilidade de esgotamento sanitário na área de interesse	43

2.5. Distribuição espacial das estações	46
2.6. Resultados meteorológicos	51
2.7. Pluviométricos e fluviométricos	58
2.7.1. Pluviometria	58
2.7.2. Fluviometria	75
2.7.3. Resultados estatísticos pluviométricos e fluviométricos	82
2.7.3.1. Mann Whitney para séries de precipitação e vazão	82
2.7.3.2. Boxplot	83
2.8. Vazões de referência para outorgas	86
2.9. Resultados das análises de parâmetros de qualidade – águas superficiais	89
2.9.1. IQA das estações de ambientes lóticos no tempo	89
2.9.2. IET das estações de ambientes lênticos no tempo	92
2.9.3. Resultados de outros parâmetros identificados para o monitoramento	96
2.9.4. Considerações sobre a relação entre a concentração de fósforo total e a dinâmica do uso do solo, dinâmica demográfica e adequabilidade de esgotamento sanitário.	98
2.10. Resultados das análises das águas subterrâneas	102
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS COM RELAÇÃO A CARÊNCIA DE DADOS E A LACUNAS, DEFICIÊNCIAS E VULNERABILIDADES DO SISTEMA ATUAL DE MONITORAMENTO	109
REFERÊNCIAS	111
WEBSITES	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análise de dupla massa com dados pluviométricos sem inconsistência, Tucci (1993).	19
Figura 2. Valor de q baseado no resultado determinado para cada parâmetro do IQA.	27
Figura 3. Mapa Bacia Alto Descoberto – áreas de contribuição sub-bacias e ordem dos rios principais.	32
Figura 4. Mapa do relevo da região do Alto Descoberto e entorno	35
Figura 5. Mapa pedologia da região do Alto Descoberto e entorno.	36
Figura 6. Mapa de uso do solo de 2002. Fonte: Projeto "Definição de Áreas Prioritárias para Conservação do Estado de Goiás, Brasil" (Imagem e WWF Brasil, 2002)	38
Figura 7. Mapa de uso do solo de 2013. Fonte: Projeto TerraClass (MMA, 2013).	39
Figura 8. Mapa quantitativo populacional a nível de setor censitário do ano 2000 da área do Alto Descoberto e dos 5 Km de entorno.....	41
Figura 9. Mapa quantitativo populacional a nível de setor censitário do ano 2010 da área do Alto Descoberto e dos 5 Km de entorno.....	42
Figura 10. Adequabilidade de esgotamento sanitário na Bacia do Alto Descoberto e nos 5 Km de entorno - Ano 2000.	44
Figura 11. Adequabilidade de esgotamento sanitário na Bacia do Alto Descoberto e nos 5 Km de entorno - Ano 2010.	45
Figura 12. Mapa das Estações Hidrometeorológicas e de Qualidade da água (superficiais e subterrâneas) na bacia do Alto Descoberto e nos 5 Km de entorno.....	46
Figura 13. Mapa com as estações de monitoramento e outorgas subterrâneas.	50
Figura 14. Normais temperatura (°C), na estação OMM-Brazlândia.	52
Figura 15. Normais umidade relativa do ar, em %, na estação OMM-Brazlândia.	53
Figura 16. Normais Radiação solar, em kJ/m ² , na estação OMM-Brazlândia.	54
Figura 17. Normais Ponto de Orvalho, em (°), na estação OMM-Brazlândia.	54
Figura 18. Normais Pressão atmosférica, em hPa, na estação OMM-Brazlândia.	55
Figura 19. Normais Rajada de vento, em m/s, na estação OMM-Brazlândia.	56
Figura 20. Normais Velocidade do vento, em m/s, na estação OMM-Brazlândia.	57
Figura 21. Normais Direção do vento, em (°), na estação OMM-Brazlândia.	57
Figura 22. Total precipitado anualmente em mm na estação 01548000.	59
Figura 23. Total precipitado mensalmente em mm na estação 01548000.	59
Figura 24. Método de dupla massa entre médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação Brazlândia (Quadra 18) 01548000.	60
Figura 25. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548006.	60
Figura 26. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548006.	61
Figura 27. Método de dupla massa entre médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação Taguatinga ETA-RD 01548006.....	62
Figura 28. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548007.	62

Figura 29. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548007.....	63
Figura 30. Método de dupla massa entre as médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação ETA Brazlândia 01548007.	63
Figura 31. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548008.	64
Figura 32. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548008.....	64
Figura 33. Método de dupla massa entre as médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação Descoberto 01548008.	65
Figura 34. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548009.	65
Figura 35. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548009.....	66
Figura 36. Método de dupla massa entre as médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação Jatobazinho 01548009.....	66
Figura 37. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548013.	67
Figura 38. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548013.....	68
Figura 39. Método de dupla massa entre as médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação Fazenda Santa Elisa 01548013.	68
Figura 40. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548020.	69
Figura 41. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548020.....	69
Figura 42. Método de dupla massa entre as médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação Águas Lindas 01548020.	70
Figura 43. Precipitação média mensal em mm, nas estações em estudo.....	71
Figura 44. Mapa das Estações Pluviométricas- Dados da estação Chuvosa.	73
Figura 45. Mapa das Estações Pluviométricas- Dados da estação Seca.	74
Figura 46. Vazão média anual em m ³ /s nas estações em estudo.....	76
Figura 47. Histórico de vazão média mensal em m ³ /s nas estações em estudo.....	77
Figura 48. Vazão média mensal em m ³ /s nas estações em estudo.	79
Figura 49. Curva de permanência de vazão nas estações em estudo.....	81
Figura 50. Boxplot da precipitação (mm) diária.....	84
Figura 51. Boxplot da vazão (m ³ /s) diária.....	85
Figura 52. Localização dos pontos de outorga de água superficial concedidas pela ADASA.....	86
Figura 53 Vazão outorgada mensal em m ³ /s das sub-bacias do Alto Descoberto.	87
Figura 54. IQA Estações corpos hídricos lóticos no Alto Descoberto e 5 Km do entorno.	89
Figura 55. IQA no tempo Descoberto Chácara 89 (60435000)	90
Figura 56. IQA no tempo Ribeirão Rodeador (60435250)	90
Figura 57. IQA no tempo Ribeirão das Pedras (60435405).....	91
Figura 58. IQA no tempo Mato Grande Montante ETE (20140000)	91
Figura 59. IQA no tempo Taguatinga (60436145)	92
Figura 60. IET das estações da ADASA em ambientes lênticos.	93

Figura 61. Fósforo total em relação aos níveis da Resolução CONAMA 357 nas estações de ambientes lóticos do Alto Descoberto e 5 Km do entorno.	94
Figura 62. Níveis de fósforo no lago descoberto nas estações da ADASA.	95
Figura 63. Frequência de resultados de fósforo total e porcentagens acumuladas por intervalos.	101
Figura 64. Mapa das estações de monitoramento subterrâneas.	102
Figura 65. Condutividade poços domínio poroso.	103
Figura 66. Condutividade poços domínio fraturado.	103
Figura 67. Cloreto poços domínio poroso.	104
Figura 68. Cloreto poços domínio fraturado.	104
Figura 69. Ferro total nos poços dos domínios poroso e fraturado.	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características de mapas de solos em função da finalidade do levantamento	18
Tabela 2. Parâmetros integrantes do IQA e respectivos pesos	26
Tabela 3. Equações para cálculo de qi em função da concentração ou medida para os diferentes parâmetros do IQA	28
Tabela 4. Classificação dos resultados do IQA no Distrito Federal	29
Tabela 5. Índice de estado trófico e suas principais características	30
Tabela 6. Características Físicas das Sub-bacias do Alto Rio Descoberto.	33
Tabela 7. Comparação entre a área (hectares) e percentual ocupado por cada classe de uso do solo das classificações de 2002 e 2013 na área de influência da Bacia Hidrográfica do Alto Descoberto. ..	37
Tabela 8. Número de setores censitários em 2000 e 2010 por município e tipo.	40
Tabela 9. Número de moradores e de domicílios dos setores censitários urbanos, rurais e ambos do censo demográfico de 2000 e 2010.....	40
Tabela 10. Resumo adequabilidade de esgotamento sanitário dos setores censitários da área de interesse em 2000 e 2010.	43
Tabela 11. Cobertura de estações a diferentes escalas e uso típico da informação	48
Tabela 12. Análise da distribuição das estações fluviométricas do Alto Descoberto.	48
Tabela 13. Estação Meteorológica Utilizada.....	51
Tabela 14 Estações pluviométricas utilizadas.....	58
Tabela 15 Síntese das precipitações médias nas estações em estudo.	72
Tabela 16 Estações Fluviométricas Utilizadas.....	75
Tabela 17. Relação de Áreas- Bacia Alto Descoberto.....	75
Tabela 18. Variação da vazão superficial para as estações fluviométricas.....	78
Tabela 19. Parâmetros de vazão superficial para as estações fluviométricas.	81
Tabela 20. Parâmetros de vazão superficial para as sub bacias da APA Bacia do Rio Descoberto. (Fonte: MMA, 2014)	82
Tabela 21. Resultados do teste de hipótese não paramétrico- vazões e precipitações diárias.	82
Tabela 22. Resultados do teste de hipótese não paramétrico- vazões mensais.....	83
Tabela 23. (Adaptada) Comprometimento das Unidades Hidrográficas do DF no tocante a outorga de retirada.	88
Tabela 24. Resultados de cálculos de IET para cada estação da ADASA – ambientes lênticos.	92
Tabela 25. Resumo dos resultados de outros parâmetros que não apreendidos pelo IQA ou IET em ambientes Lóticos monitorados pela CAESB.	97
Tabela 26. Resumo dos resultados de outros parâmetros que não apreendidos pelo IQA ou IET em ambientes Lênticos monitorados pela CAESB.	97
Tabela 27. Estatística descritiva de resultados de fósforo total das estações do exutório das sub-bacias do Alto Descoberto.....	99
Tabela 28. Resultados de Mann-Whitney expressados como fator z e probabilidades.	100

Tabela 29. Níveis de nitrogênio amoniacal e Nitrito nos poços monitorados pela ADASA.....	106
--	------------

LISTA DE SIGLAS

ABHA – Associação Multisetorial de Usuários de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal

AI – Área de Interesse (Bacia do Alto Descoberto e 5 Km de entorno)

ANA – Agência Nacional das Águas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CRH – Conselho de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DF – Distrito Federal

E1 – Proposta metodológica

E2 – Relatório de compilação e sistematização de dados

E3 – Relatório final de análise de dados

E4 – Plano de monitoramento hidrológico

Emater – Empresa de Assistência Técnica e Expansão Rural

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GO – Goiás

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IET – Índice do Estado Trófico

IQA – Índice de qualidade de água

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NSF – National Sanitation Foundation

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico

TNC – The Nature Conservancy

PMABB – Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros

RBIS – River Basin Information System

SANEAGO – Saneamento de Goiás

SIEG – Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás

TDR – Termo de Referência

TNC – The Nature Conservancy

VMP – Valor máximo permitido

WMO – World Meteorological Organization

WWF – World Wide Fund for Nature

1. METODOLOGIA

1.1. Caracterização física da região de estudo

As características físicas das bacias hidrográficas têm a finalidade de proporcionar o conhecimento dos diversos fatores que determinam a natureza da descarga de um rio. Através da avaliação dos parâmetros que condicionam essa vazão, e a qualidade da água, pode-se fazer comparações entre bacias, conhecer melhor os fenômenos passados e fazer extrapolações. Desse modo, o aproveitamento e gestão dos recursos hídricos pode ser feito de maneira mais racional com maiores benefícios à sociedade em geral (Porto *et al.*, 1999).

Frequentemente é necessário subdividir grandes bacias em unidades menores para fins práticos de trabalho. As subáreas ou bacias tributárias são definidas por divisores internos, da mesma forma que para a bacia principal. Para o presente estudo, a Bacia do alto Descoberto foi subdividida em 11 sub-bacias, que foram delimitadas com base na hidrografia e nas curvas de nível, com equidistância de 40 m, adquiridas no Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG, 2019). As 11 sub-bacias são apresentadas com os resultados na seção 2 deste documento. A metodologia utilizada para a caracterização física da região de interesse, inclusive do preparo dos mapas de relevo é descrita logo abaixo.

1.1.1. Determinação dos aspectos hidrológicos

- **Área**

É a área plana definida pela projeção horizontal do divisor de águas, seu valor multiplicado pela lâmina da chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia. A determinação da área de drenagem de uma bacia é feita com auxílio de uma planta topográfica, de altimetria adequada traçando-se a linha divisória que passa pelos pontos de maior cota entre as duas bacias vizinhas (Tucci, 1993). No presente estudo as áreas de drenagem foram calculadas utilizando ferramentas do software ArcGis¹.

- **Forma**

A forma da bacia influencia no escoamento superficial e consequentemente no hidrograma resultante de uma determinada chuva. Entre os índices propostos para caracterizar a forma da bacia serão calculados o fator de forma e os índices de compacidade e conformação. Estes

¹ A menos que especificamente indicado, as versões de software usadas nas análises deste produto são as versões que constam na Proposta Metodológica (produto E1) previamente aprovadas pela TNC.

índices são utilizados para comparar bacias e para comporem parâmetros das equações empíricas de correlações entre vazões e características físicas das bacias.

Fator de forma (FF)

O fator de Forma é expresso como sendo a razão entre a largura média da bacia e o comprimento axial da mesma. O comprimento axial é medido da saída da bacia até seu ponto mais remoto, seguindo-se as grandes curvas do rio principal (não se consideram as curvas dos meandros). A largura média é obtida dividindo-se a área da bacia em faixas perpendiculares onde o polígono formado pela união dos pontos extremos dessas perpendiculares se aproxime da forma da bacia real (Villela e Mattos, 1975).

Índice de compacidade (K_c)

É definido como sendo a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo de área igual à da bacia (Villela e Mattos, 1975).

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

P= perímetro da bacia em km

A= área da bacia em km²

Como o círculo é a figura geométrica plana que comporta uma dada área com o menor perímetro, este índice nunca será menor que um. Bacias que se aproximam geometricamente de um círculo convergem o escoamento superficial ao mesmo tempo para um trecho relativamente pequeno do rio principal. Caso não exista outros fatores que interfiram, os menores valores de K_c indicam maior potencialidade de produção de picos de enchentes elevados (Villela e Mattos, 1975).

Índice de conformação (F_c)

Compara a área da bacia com a área do quadrado de lado igual ao comprimento axial. Caso não existam outros fatores que interfiram, quanto mais próximo de um o valor de F_c, isto é, quanto mais a forma da bacia se aproximar da forma do quadrado do seu comprimento axial, maior a potencialidade de produção de picos de cheias (Villela e Mattos, 1975).

$$F_c = \frac{A}{L^2}$$

Onde:

A=área da bacia (m²)

L= comprimento axial (m)

- **Declividade do curso d'água**

A velocidade de escoamento da água de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento. Assim, os hidrogramas de enchente serão tanto mais pronunciados e estreitos, indicando maiores variações de vazões instantâneas.

A declividade de um curso d'água entre dois pontos pode ser obtido pelo quociente entre a diferença de suas cotas extremas e sua extensão horizontal (de Paiva e de Paiva, 2001).

$$S_1 = \frac{\Delta H}{L}$$

Onde:

ΔH = variação da cota entre dois pontos extremos (m)

L = comprimento em planta do rio (m)

- **Tipo da rede de drenagem**

Ordem dos cursos d'água

A classificação dos rios quanto à ordem reflete no grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia. Os cursos d'água maiores possuem seus tributários, que por sua vez possuem outros até que se chegue aos minúsculos cursos d'água da extremidade. As correntes formadoras, isto é, os canais que não possuem tributários são considerados de primeira ordem. Quando dois canais de primeira ordem se unem é formado um segmento de segunda ordem. A união de dois rios de mesma ordem resulta em um rio de ordem imediatamente superior; quando dois rios de ordem diferentes se unem formam um rio com a ordem maior dos dois. O método descrito é caracterizado como método de Strahler (Strahler, 1952).

Para se determinar corretamente a ordem, situa-se num mapa todos os cursos d'água, perenes ou intermitentes, mas não se deve incluir ravinas de água que não possuem curso definido. Geralmente, quanto maior a ordem de um curso d'água maior é a sua extensão. No presente estudo essa classificação foi feita de forma manual.

Densidade de drenagem

A densidade de drenagem indica a eficiência da drenagem na bacia. É definida pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água (no presente estudo o comprimento dos rios foi medido através da ferramenta Measure do ArcGis) e a área de drenagem (Villela e Mattos, 1975).

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Onde:

L= comprimento total dos cursos d'água (m)

A= área de drenagem (área da bacia) (m)

1.1.2. Mapas de relevo e pedologia

Para o mapa de relevo utilizou-se os dados numéricos de relevo e da topografia do Brasil, disponíveis no projeto Brasil em Relevo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Monitoramento por Satélite (Embrapa²). Tratam-se de modelos digitais de elevação, com aproximadamente 90 metros de resolução espacial, disponibilizados em formato raster (tif). Para a área de influência da bacia hidrográfica do Alto Descoberto, utilizou-se somente a imagem de código SD-22-Z-D.

Para o mapa de tipos de solos, utilizou-se o arquivo vetorial em formato shapefile disponibilizado no SIEG (2019), proveniente de um refinamento do mapeamento de solos, em escala de 1:250.000, realizado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater).

1.2. Análise da dinâmica do uso do solo na região de estudo

As análises de uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Descoberto seguiram os pressupostos metodológicos estabelecidos de utilizar somente dados espaciais produzidos por instituições oficiais atuantes no país, numa escala compatível com as análises em voga. Diante disso a utilização de mapeamentos realizados no âmbito de pesquisas acadêmicas, que foram os mais encontrados, não se mostrou uma possibilidade e novamente, os mapeamentos de uso do solo que demonstraram ser os mais adequados foram aqueles disponibilizados no site da SIEG (2019).

Com o intuito de entender as alterações ocorridas no uso do solo da bacia ao longo do tempo, buscou-se o mapeamento disponível com data mais recente possível, e outro com data

² Embrapa. <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/index.htm>, último acesso 20 de fevereiro 2019.

pretérita. O mais antigo disponível é o de 2002, elaborado pelo consórcio Imagem e WWF Brasil (Imagem e WWF Brasil, 2002) no âmbito do projeto “Definição de Áreas Prioritárias para Conservação do Estado de Goiás, Brasil”, financiado pelo Governo de Goiás. O mais recente, com escala compatível, é o de 2013, do projeto Terraclass do Ministério do Meio Ambiente (MMA), integrante do Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros (PMABB) (MMA, 2013).

O mapeamento de uso do solo de 2002 se trata de uma classificação de uma imagem de satélite LANDSAT ETM+ (resolução espacial de 30 m), composição colorida RGB – bandas 543, correspondentes aos anos de 2001-2002. Com escala cartográfica 1:250.000 e área mínima de representação de 25 ha. O mapeamento de 2013 foi elaborado com base numa imagem de satélite Landsat 8 (resolução espacial de 30 m), datadas de maio a outubro, 2013, composição colorida RGB – bandas 564, escala 1:250.000, área mínima de representação de 70 pixels (aproximadamente 6,25 hectares).

Conforme especificado, ainda que ambas classificações sejam de imagens Landsat, cujo tamanho do pixel é de 30 m, apresentando a mesma escala cartográfica, 1:250.000, a mais antiga, de 2002, tem uma representação espacial mínima de 25 hectares, enquanto que a mais recente, de 2013, de 6,25 hectares. Diante disso, o nível de detalhamento da classificação de 2013 é muito maior do que a de 2002.

Somado a isso, na de 2002 há um número menor de classes de uso do solo, somente cinco (agricultura, água, natural, pastagem e urbano), enquanto que na de 2013 há dez (agricultura anual, água, mineração, mosaico de ocupações, não observado, cerrado, pastagem, silvicultura, solo exposto e urbano). Logo, há que se ponderar que em 2002 a classificação analisa somente a agricultura, enquanto que em 2013 é analisado separadamente agricultura anual e pastagem. A classe, mosaico de ocupações, analisada somente em 2013, trata-se de um uso que contempla edificações (urbano) mas com densidade demográfica bem menor, com cerrado, pastagem e um pouco de agricultura.

As divergências apontadas entre as metodologias da classificação de uso do solo de 2002 e 2013 impossibilitam comparações detalhadas e quantificações pontuais em relações às mudanças de uso em cada sub bacia. Ainda assim, foi possível usar os mapeamentos para se fazer uma análise comparativa abrangente, como será visto na seção 2 deste documento. A comparação consistiu na área ocupada em hectares por cada classe de uso do solo em cada ano, assim como, a proporção (em percentual) da área ocupada em relação à área total da bacia hidrográfica.

Averiguou-se então os aumentos e as diminuições, em área e em termos proporcionais, de cada classe de 2002 a 2013. Análise da dinâmica da população na região de estudo

1.3. Análise da dinâmica da população na região de estudo

A análise do quantitativo populacional foi embasada nos dados disponíveis em nível de setor censitário dos censos demográfico dos anos de 2000 e 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2000 e IBGE, 2010). Os setores censitários são as menores unidades espaciais com dados demográficos disponíveis. São demarcados pelo IBGE, obedecendo a critérios de operacionalização da coleta de dados, de tal maneira que abranjam uma área que possa ser percorrida por um único recenseador em um mês, e que possua em torno de 250 a 350 domicílios (em áreas urbanas). Como consequência, áreas com baixa densidade demográfica possuem setores censitários com maior extensão de área, já áreas de alta densidade, possuem setores censitários com área territorial menor. Cada setor censitário dispõe de um código de 15 caracteres numéricos, relacionado à Unidade da Federação (UF), município, distrito e subdistrito a que pertence.

Selecionou-se os setores censitários, em formato shapefile, do censo demográfico de 2000 e 2010 (IBGE, 2000 e IBGE, 2010) que interceptavam a área de influência da Bacia do Alto Descoberto. A lista completa dos códigos dos setores censitários utilizados para este estudo foi disponibilizada em planilha Excel (Setores_Censitarios_2000_2010.xls) juntamente com este relatório. Em seguida, avaliou-se as informações de quantitativo populacional disponíveis nas tabelas de Excel da base de informações dos censos de 2000 e 2010 (IBGE, 2000 e IBGE, 2010) e fez-se uma junção entre as informações alfanuméricas (tabela Excel) e espaciais (shapefile), a fim de realizar a espacialização dos dados. No mapa ilustrativo, optou-se por diferenciar, em escalas de cores, o quantitativo populacional dos setores censitários rurais e urbanos, isso, pois, os urbanos são bem mais populosos.

1.4. Análise de adequabilidade de esgotamento sanitário na região de estudo

A análise do tipo de esgotamento sanitário dos domicílios também foi embasada nos dados disponíveis em nível de setor censitário dos censos demográficos do IBGE de 2000 e 2010 (IBGE, 2000 e IBGE, 2010) como acima explicado. Avaliou-se as informações de esgotamento sanitário dos domicílios nas tabelas de Excel de base de informações dos censos e novamente fez-se uma junção entre informações alfanuméricas e espaciais a fim de realizar a espacialização dos dados.

Essa análise seguiu as orientações do Plano Nacional de Saneamento Básico, o PLANSAB do Ministério das Cidades (2013), o qual definiu o que caracteriza o atendimento adequado e

deficitário de esgotamento. O adequado se caracteriza pela coleta, seguida de tratamento, ou o uso da fossa séptica. Já o deficitário, pela coleta de esgoto não seguida de tratamento e o uso de fossa rudimentar, dentre outros como valas.

Esses dados foram especializados e ilustrados em mapa. Uma tabela síntese no corpo do relatório disponibilizou os dados do total de domicílios urbano e rural da área de influência com atendimento adequado e deficitário.

1.5. Análise da distribuição espacial das estações

A fim de identificar-se lacunas, deficiências e vulnerabilidades do sistema atual de monitoramento na bacia, foi realizada uma análise crítica da distribuição espacial das estações, levando-se em consideração a revisão bibliográfica e a caracterização da área feita anteriormente. Isto foi feito para que posteriormente as lacunas, deficiências e vulnerabilidades pudessem ser endereçadas com o plano de monitoramento a ser proposto.

A verificação da adequabilidade das estações climatológicas (dados pluviométricos e fluviométricos) foi feita de acordo com diretrizes da World Meteorological Organization (WMO, 2008). Foi feita uma verificação da proximidade dos postos pluviométricos existentes e das áreas onde se pretende intervir.

Foram analisadas também a distribuição das estações fluviométricas e de qualidade nas sub-bacias, dentro da mesma sub-bacia e com relação a proximidade das áreas onde serão implementadas as intervenções. Além disso, foi feita uma análise da distribuição destas estações calculando-se a área de abrangência de cada estação e comparando estas com as áreas publicadas por Stoll, M. *et al.* (2008) e o uso típico da informação gerada em diferentes densidades.

Quanto a análise da distribuição dos pontos de monitoramento de águas subterrâneas, a análise de representatividade dos mesmos em relação aos aquíferos que estas estão inseridas, e destes em relação ao uso do solo e sub-bacias, pretendia-se obter informação sobre a geometria dos reservatórios, da definição das suas condições limites, bem como da avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos.

A determinação da geometria e dos limites do aquífero permite a avaliação da posição destes em relação a possíveis fontes contaminantes, bacias e sub-bacias. Já a avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos indicaria a adequabilidade da posição dos poços em relação aos fluxos de águas subterrâneas, e sua suficiência, para o estabelecimento de rede de amostragem.

Estas informações podem ser obtidas de mapas potenciométricos e mapas hidrogeológicos e de potencial de infiltração e recarga. Gonçalves *et al.* (2017) definiu características de mapas em função das finalidades de levantamentos (veja tabela 1 abaixo).

Tabela 1. Características de mapas de solos em função da finalidade do levantamento

Tipo de levantamento	Escala de publicação	Área mínima mapeável	Finalidade
Ultradetalhado	>1:10.000	<0,4 ha	Planejamento e exploração de áreas muito pequenas
Detalhado	1:10.000 a 1:25.000	0,4 a 2,5 ha	Projetos conservacionistas
Semidetalhado	1:25.000 a 1:100.000	2,5 a 40 há	Planejamento de uso e conservação dos solos
Reconhecimento	1:100.000 a 1:750.000	0,4 a 22,5 Km ²	Mapa básico— - visa planejamento de novas áreas
Exploratório	1:750.000 a 1:2.500.000	22,5 a 250 Km ²	Conhecimento de grandes áreas não desbravadas

Fonte: Gonçalves *et al.* (2017).

Mapas potenciométricos, hidrogeológicos e de potencial de infiltração e recarga de reconhecimento foram pesquisados no website oficial da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM³). Mapas potenciométricos, hidrogeológicos e de potencial de infiltração e recarga de reconhecimento, detalhados e semidetalhados foram requisitados nas visitas feitas aos parceiros da Aliança pelo Alto Descoberto em julho de 2018. Tais mapas não estavam disponíveis na época do levantamento de dados.

1.6. Análise de dados meteorológicos

Para caracterização climática da região foi utilizada a estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na sub-bacia do Rio Descoberto.

Por ser uma estação recente (com apenas dois anos de coleta de dados) não se pode caracterizar o clima da região por ela, mas com os dados desta estação foram construídos gráficos de temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), radiação solar (kJ/m²), ponto de orvalho (°), pressão atmosférica (hPa) e rajada (m/s), velocidade (m/s) e direção do vento (°) de médias mensais e os resultados comparados com a classificação de Köppen-Geiger para a região.

Para a construção dos referidos gráficos foram inicialmente calculadas as médias mensais de cada parâmetro utilizando-se de todos os dados disponíveis da série. Posteriormente, traçou-se com a ajuda do Excel o gráfico de cada parâmetro pelo tempo.

³ CPRM. Mapas Hidrogeológicos do Brasil. <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes-173> último acesso 20 de fevereiro 2019.

1.7. Análise de dados pluviométricos e fluviométricos

1.7.1. Dados pluviométricos

Para estimar o total precipitado e caracterizar a tendência de chuvas sobre a bacia foram utilizadas estações com séries históricas, com pelo menos 20 anos de dados. Esse critério foi adotado pois, segundo a World Meteorological Organization (WMO, 2008) as normais climatológicas devem ser calculadas com valores médios para um período de dados relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo duas décadas consecutivas de dados. Sendo assim, no presente estudo foram utilizados os dados de 7 estações pluviométricas: duas estações da Agência Nacional das Águas (ANA) e cinco estações da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), localizadas dentro da área de estudo.

Para analisar a consistência das séries pluviométricas dentro de uma visão regional, isto é, comprovar o grau de homogeneidade dos dados disponíveis numa estação com relação às observações registradas nas estações vizinhas, utilizou-se o método de análise de dupla massa desenvolvido pelo U. S. Geological Survey e descrito por Tucci (1993). Válido para as séries mensais e anuais, esse método consiste em construir em um gráfico cartesiano uma curva dupla cumulativa, relacionando os totais anuais (ou mensais) acumulados do posto a consistir (nas ordenadas) e as médias acumuladas dos totais anuais (ou mensais) de postos da região (nas abscissas). A região é hipoteticamente considerada homogênea do ponto de vista hidrológico se os valores do posto a consistir são proporcionais aos observados na base de comparação. Os pontos devem se alinhar segundo uma única reta. A declividade da reta determina o fator de proporcionalidade entre ambas às séries. A Figura 1 exemplifica uma análise de dupla massa com dados pluviométricos sem inconsistência.

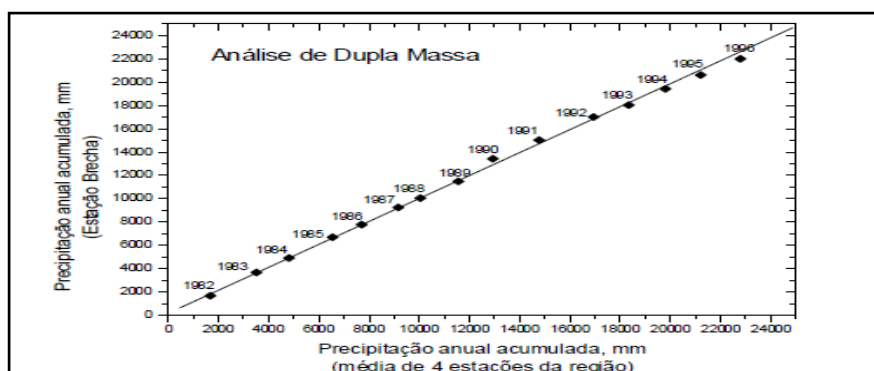


Figura 1. Análise de dupla massa com dados pluviométricos sem inconsistência, Tucci (1993).

Quando não se observa o alinhamento dos dados segundo uma única reta, podem ocorrer as seguintes situações:

1) Mudança na declividade: determina-se duas ou mais retas, constitui o exemplo típico da ocorrência de erros sistemáticos, a mudança nas condições de observação ou no meio físico, como alterações climáticas. Para se considerar a existência de mudança na declividade é prática comum exigir a ocorrência de pelo menos cinco pontos sucessivos alinhados segundo a nova tendência. Para corrigir os valores utiliza-se a seguinte equação:

$$P_c = P_i + \frac{M_c}{M_0} \cdot (P_0 - P_i)$$

Em que:

P_c = precipitação acumulada ajustada à tendência desejada;

P_i = valor da ordenada correspondente à interseção das duas tendências;

P_0 = valor acumulado a ser corrigido;

M_c = coeficiente angular da tendência desejada;

M_0 = coeficiente angular da tendência a corrigir.

2) Alinhamento dos pontos em retas paralelas: ocorre quando existem erros de transcrição de um ou mais dados ou pela presença de valores extremos em uma das séries. A ocorrência de alinhamentos, segundo duas ou mais retas aproximadamente horizontais (ou verticais), pode ser a evidência de postos com diferentes regimes pluviométricos.

3) Distribuição errática dos pontos: normalmente é resultado da comparação de postos com diferentes regimes pluviométricos, sendo incorreta toda associação que se deseje fazer entre os dados dos postos plotados.

Por fim, foram elaborados dois mapas de precipitação, um para estação chuvosa e uma para estação seca. Para tanto foram utilizadas informações alfanuméricas associadas à precipitação média do período chuvoso e do período seco da série histórica (mais especificamente a soma das médias mensais do período chuvoso, de outubro a abril, e do período seco, de maio a setembro) em milímetros. Esses dados foram interpolados a fim de gerarem uma imagem ilustrativa das isoietas de precipitação dessas duas estações. O método de interpolação utilizado foi a krigagem do tipo "ordinary", modelo "exponential", valor de lag 7, realizado no programa ArcGis. Os dados de entrada consistiram nos dados históricos de pluviosidade juntamente com o mapa de relevo do Projeto Brasil em Relevo da Embrapa⁴.

⁴ Embrapa. <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/index.htm>, último acesso 20 de fevereiro 2019

1.7.2. Análise de dados fluviométricos

Para o cálculo das vazões afluentes foram utilizados os dados de vazões diárias e mensais médias, disponibilizadas no HidroWeb da ANA, advindas das séries de dupla cota diárias e com mais de 30 anos de dados. Ao todo foram utilizados dados de sete estações fluviométricas.

Cabe ressaltar que as demais estações fluviométricas identificadas na região não foram utilizadas no presente estudo por apresentarem séries de dados muito curtas (menos de 20 anos de dados) ou apenas série de descargas líquidas.

Quanto ao desenvolvimento dos estudos hidrológicos, as etapas metodológicas usadas foram as seguintes:

- Levantamento dos dados disponíveis de monitoramento hidrometeorológico, compreendendo séries de dados de vazão média mensal e resumos de medições de descarga líquida, dando-se preferência aos dados consistidos, utilizando-se dados brutos apenas quando os dados consistidos não estavam disponíveis;
- Análise de frequência de vazões mínimas e de curvas de permanência, aplicada aos locais das estações fluviométricas, utilizando-se as séries de vazões atualizadas de acordo com a disponibilidade do HidroWeb.

Os procedimentos metodológicos adotados na determinação das vazões características para a descrição da disponibilidade hídrica são consagrados na literatura técnica e nos manuais de estudos hidrológicos. De um modo geral pode-se indicar, como referência bibliográfica, o livro Hidrologia: Ciência e Aplicação (Tucci, 1993).

O período de dados considerado para os cálculos foi o que apresenta maiores intervalos ininterruptos de séries disponíveis para cada estação. Esse procedimento foi adotado para que se aproveitasse ao máximo os dados hidrológicos disponíveis, sem o descarte de informações consistentes e relevantes ao estudo. Foram descartadas, apenas, as séries correspondentes a anos com médias mensais incompletas, uma vez que não foram utilizados os preenchimentos de falhas.

Dessa forma, foi aproveitada a totalidade das informações disponíveis no HidroWeb, ainda que o período considerado para uma determinada estação fluviométrica fosse mais abrangente do que o de outra estação da mesma bacia.

A partir das séries de vazões médias mensais homogeneizadas, isto é, definido o período comum de análise, foi definida a disponibilidade hídrica na área de influência de cada estação

fluviométrica, tendo-se destacado como valores referenciais de vazões médias e mínimas (Q_{MLT} , $Q_{7,10}$ e Q_{90}), além das vazões de permanência Q_{50} , Q_{95} e Q_{98} .

As vazões médias de longo termo (Q_{MLT}) são obtidas a partir da média das vazões de toda a série histórica. As vazões Q_{50} , Q_{90} , Q_{95} e Q_{98} representam a probabilidade de 50%, 90%, 95% e 98%, respectivamente, de as vazões serem igualadas ou superadas no tempo, os valores são retirados do gráfico da curva de permanência.

A $Q_{7,10}$ é obtida computando-se as médias móveis das vazões médias diárias com janelas de 7 dias ao longo de um ano. A mínima dessas médias móveis é retida. O processo é repetido para cada ano da série histórica, obtendo-se uma série de valores mínimos de vazões médias de 7 dias consecutivos. Essas vazões são ordenadas em ordem crescente de magnitude e períodos de retorno. De posse, desses dados pode-se estimar a vazão mínima de 7 dias de duração com período de retorno de 10 anos.

Os resultados obtidos nos estudos hidrológicos atualizados para cada estação fluviométrica, consolidados em forma de tabelas e gráficos, estão apresentados, na íntegra, nas planilhas enviadas com este relatório para a TNC e na seção 2.7 do presente relatório.

Curva de permanência

A curva de permanência de longo termo pode ser construída a partir do enfoque não paramétrico descrito por Vogel e Fennessey (1994). Primeiramente, deve-se ordenar de forma decrescente toda a série de vazões disponível, não importando o intervalo de tempo dos registros. Em seguida, plota-se cada observação ordenada versus sua duração ou excedência correspondente. A duração geralmente é expressa em porcentagem, e coincide com a estimativa da probabilidade de excedência, ε_i , da i -ésima observação na amostra ordenada. Caso ε_i seja estimada pela posição de plotagem de Weibull, a duração D_i é dada por:

$$D_i = 100 \cdot (\varepsilon_i) = 100 \cdot \left(\frac{i}{n+1} \right)$$

Com:

n = número de observações disponíveis

i = indexador das vazões ordenadas sendo o menor valor de i atribuído à maior vazão observada, e, o maior valor, à menor vazão

ε_i = probabilidade de excedência da i -ésima vazão

1.7.3. Testes estatísticos aplicados a dados pluviométricos e fluviométricos

1.7.3.1. Mann Whitney (U)

A fim de se analisar simplificadaamente a estacionariedade das séries de chuvas nas sub-bacias e vazões registradas nos cursos d'água utilizou-se o teste não paramétrico de Mann Whitney.

Trata-se de um teste não paramétrico que examina, usando numerais ordinais, se duas amostras provêm da mesma população com respeito a tendência central (média (M)). Esta é a hipótese nula H_0 a ser testada (Spiegel, 1970).

Este pode ser usado para duas e para uma só amostra. No caso em questão se trata de uma única amostra para cada série que, para proceder o teste, foi dividida ao meio. Nessa série foi atribuído um número ordinal para cada valor, sendo o número 1 dado ao menor valor desta e assim sucessivamente em ordem crescente. Se existem valores iguais nas amostras, o número correspondente para estas amostras de mesmo valor será a média dos ordinais que corresponderiam a estas. Os numerais ordinais são acumulados para cada amostra. Essas somas de numerais servem para calcular a variável de teste. Apresentando grandes diferenças nas somas, indica que a média de uma amostra é consideravelmente maior do que a média da outra.

Este teste é equivalente ao teste “t” que é paramétrico. A desvantagem do teste “t” reside no fato de que este só se aplica a amostras distribuídas conforme a lei de Gauss, ou seja, distribuição normal. O teste “U” tem quase a mesma potência do teste “t”. Ele reage sensivelmente as diferenças nas médias, mas não é sensível para variâncias diferentes das amostras.

Seguindo os critérios de aplicação do teste descrito, foram analisadas as séries de precipitação para rejeição (ou não) da hipótese nula.

Foi utilizado o software Excel para realização dos testes. A partir das planilhas geradas (teste “U” e de assimetria) analisou-se a aceitação ou não das hipóteses.

A fim de detectar tendência temporal da vazão média mensal da foz de cada sub-bacia comparado aos diferentes usos do solo foi aplicado o teste Mann Whitney.

As séries de vazão média de cada estação foram divididas entre o período inicial da série até 2002 e de 2003 a 2013, visto que, no presente estudo as análises de ocupação do solo foram feitas para os anos de 2002 e 2013.

1.7.3.2. Boxplot

Para avaliar a distribuição empírica das séries fluviométricas e pluviométricas foi utilizado o boxplot (gráfico de caixa).

O boxplot é formado pelo primeiro e terceiro quartil e pela mediana. As hastes inferiores e superiores se estendem, respectivamente, do quartil inferior até o menor valor não inferior ao limite inferior e do quartil superior até o maior valor não superior ao limite superior (Portal Action⁵).

O boxplot oferece uma análise visual da posição, dispersão, simetria, caudas e valores discrepantes (outliers) do conjunto de dados. No boxplot, as observações são consideradas outliers quando estão abaixo ou acima do limite de detecção de outliers. Este limite é construído utilizando o intervalo interquartil, dado pela distância entre o primeiro e o terceiro quartil. No presente relatório para criação dos gráficos boxplot foram utilizadas as séries brutas de vazão e precipitação e a ferramenta caixa estreita do Excel.

1.8. Análise das vazões de referência para outorgas

Para avaliar as vazões outorgadas na bacia do Alto Descoberto foi realizada uma pesquisa junto ao órgão responsável pela concessão das outorgas no Distrito Federal. A pesquisa teve como objetivo identificar qual a vazão máxima outorgável bem como os pontos de outorga existentes. De posse desses dados se procedeu uma comparação dos dados outorgáveis, atualmente com dados outorgáveis em 2016, para avaliar o grau de utilização dos recursos hídricos disponíveis.

1.9. Análise de qualidade - águas superficiais

Ao todo foram utilizados dados de 13 estações de qualidade em ambientes lóticos e 6 estações de qualidade em ambientes lênticos. Todas da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA).

Não foram disponibilizados dados de sedimentos de arraste (qualidade, quantidade ou granulométricos) ou topobatimétricos, e os dados de concentrações de sedimentos em

⁵Portal Action. Box Plot. <http://www.portalcon.com.br/estatistica-basica/31-boxplot> último acesso em 13 de abril de 2019.

suspensão que foram disponibilizados pela ADASA e CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal) foram analisados juntamente com os dados de qualidade da água.

Primeiramente analisou-se os índices IQA (Índice de Qualidade das Águas) nos rios e IET (Índice de Estado Trófico) nos lagos assim como os parâmetros DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e condutividade. Estes índices e parâmetros químicos foram escolhidos, pois, são indicadores de alterações nas águas superficiais que devem ser investigadas em mais detalhe através de outros parâmetros se necessário, mas também pela disponibilidade dos dados.

Como pela metodologia apresentada no produto E1, a princípio a intenção era de se calcular o IQA para os ambientes lóticos e lênticos com os dados obtidos da CAESB e da ADASA. No entanto, como pode-se observar no relatório do produto E2 (Relatório de compilação e sistematização de dados), dois dos parâmetros necessários para o cálculo do IQA, sólidos totais e coliformes termotolerantes, não são analisados para lagos pela CAESB e os outros 7 parâmetros são analisados, mas sem uma periodicidade certa. Além disto, as séries históricas dos lagos disponibilizadas pela CAESB não tem periodicidade certa de coleta ou análise, e possuem falhas nas séries históricas que tem no máximo 11 resultados por estação (algumas estações ainda menos que isto).

Como os pontos de amostragem para os ambientes lênticos da ADASA estão em pontos estratégicos perto do exutório dos principais efluentes e da barragem, optou-se pela análise inicial fazendo uso somente dos dados obtidos da ADASA podendo-se consultar os dados da CAESB caso algum apoio à investigação fosse necessária.

Mais tarde, optou-se por utilizar somente o IET nos ambientes lênticos pois nestes o IQA pode, por vezes, gerar resultados inadequados (Martins *et al.*, 2014). Além disso, durante as visitas às instituições parceiras da Aliança pelo Alto Descoberto ouviu-se relato de proliferação de algas no Lago do Descoberto. O IET tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

Tentou-se também calcular o IQA para os ambientes lóticos com os dados fornecidos pela CAESB. No entanto esta também não monitora coliformes termotolerantes em ambientes lóticos e dos outros 8 parâmetros necessários para o cálculo do IQA, somente 5 são analisados com periodicidade mensal (Tabela 4 do produto E2). Turbidez, sólidos totais e DBO tem frequência de análise baixa, e com muitas falhas, portanto seriam poucos os IQAs calculados para os ambientes lênticos com os dados fornecidos pela CAESB, e com alta imprecisão.

Como reportado no produto E2, os valores de IQA utilizados nas análises feitas neste documento foram calculados pela ADASA. A ADASA vem calculando este índice trimestralmente pelo menos desde 2013, e os resultados deste foram fornecidos juntamente com os resultados dos outros parâmetros monitorados para esta análise. A ADASA informou em email, em 03.08.2018, que para o cálculo do IQA foram “utilizados a fórmula da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), calculada pelo produto ponderado dos nove parâmetros (<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>)”.

Os nove parâmetros são os que aparecem no site da ANA, no link informado por email, e reportados na tabela 2 abaixo com seus respectivos pesos (w), que de acordo com a fonte foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água.

Tabela 2. Parâmetros integrantes do IQA e respectivos pesos

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20}	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: ANA⁶

Além de seu peso, cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida. A Figura 2 mostra os gráficos exibidos no site da ANA, que de acordo com o email da ADASA de 03.08.2018, são usados no cálculo dos IQAs fornecidos pela mesma.

⁶ ANA. IQA <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> último acesso 09 de novembro de 2018a.

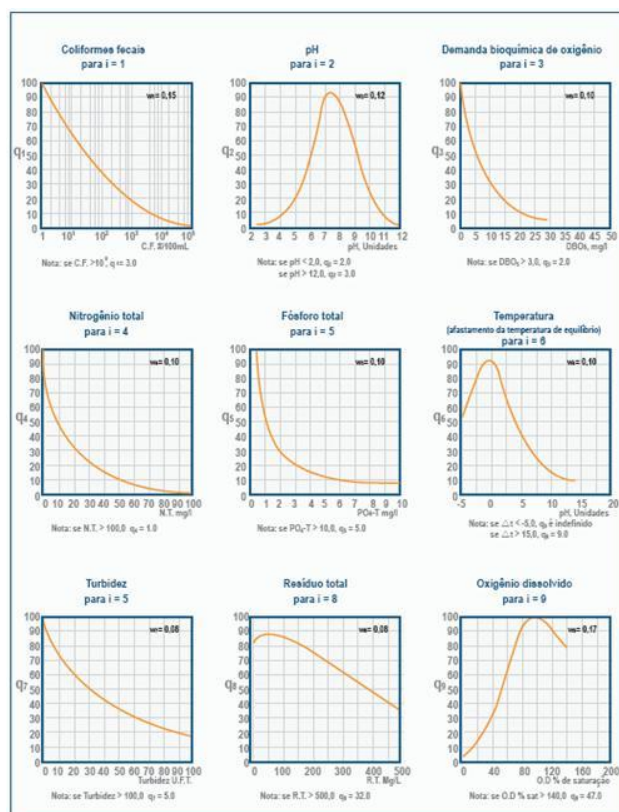


Figura 2. Valor de q baseado no resultado determinado para cada parâmetro do IQA.

Fonte: ANA⁷.

As equações na tabela 3 abaixo são as equações das curvas de qualidade da água da figura 2 acima (Sperling 2007 em Caires, 2018a), adaptadas pela CETESB da National Sanitation Foundation (NSF), e que podem ser utilizadas em Excel, para calcular automaticamente o valor de q_i para cada parâmetro de acordo com a concentração ou medidas encontradas.

⁷ ANA. IQA <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> último acesso 09 de novembro de 2018a.

Tabela 3. Equações para cálculo de q_i em função da concentração ou medida para os diferentes parâmetros do IQA

Parâmetros	Limite Mínimo	Limite Máximo	Equação de q_i
Coliformes	0	1	$100 - 33 \cdot \log C$
	1	5	$100 - 37,2 \cdot \log C + 3,60743 \cdot \log C^2$
	5		3
pH	0	2	2
	2	4	$13,6 - 10,6 \cdot \text{pH} + 2,4364 \cdot \text{pH}^2$
	4	6,2	$155,5 - 77,36 \cdot \text{pH} + 10,2481 \cdot \text{pH}^2$
	6,2	7	$-657,2 - 197,38 \cdot \text{pH} - 12,9167 \cdot \text{pH}^2$
	7	8	$-427,8 - 142,05 \cdot \text{pH} - 9,695 \cdot \text{pH}^2$
	8	8,5	$216 - 16 \cdot \text{pH}$
	8,5	9	$1415823 \cdot \text{EXP}(-1,1507 \cdot \text{pH})$
	9	10	$50 - 32 \cdot (\text{pH} - 9)$
	10	12	$633 - 106,5 \cdot \text{pH} + 4,5 \cdot \text{pH}^2$
	12	14	3
DBO	0	5	$99,96 \cdot \text{EXP}(-0,1232728 \cdot C)$
	5	15	$104,67 - 31,5463 \cdot \text{LOG}_{10} C$
	15	30	$4394,91 \cdot C^{-1,99809}$
	30		2
Nitrogênio Total	0	10	$100 - 8,169 \cdot C + 0,3059 \cdot C^2$
	10	60	$101,9 - 23,1023 \cdot \text{LOG}_{10} C$
	60	100	$159,3148 \cdot \text{EXP}(-0,0512842 \cdot C)$
	100		1

Fósforo	0	1	99*EXP(-0,91629*C)
	1	5	57,6 - 20,178*C + 2,1326*C^2
	5	10	19,8*EXP(-0,13544*C)
	10		5
Dif. de Temp.			94
Turbidez	0	25	100,17 - 2,67*turb+0,03775*turb^2
	25	100	84,76*EXP(-0,016206*turb)
	100		5
Sólidos totais	0	150	79,75 + 0,166*C-0,001088*C^2
	150	500	101,67 - 0,13917*C
	500		32
Porcentagem de Saturação de OD	0	50	3 + 0,34*(%Sat)+0,008095*(%Sat)^2+1,35252*0,00001*(%Sat)^3
	50	85	3 - 1,166*(%Sat)+0,058*(%Sat)^2 - 3,803435*0,0001*(%Sat)^3
	85	100	3 + 3,7745*(%Sat)^0,704889
	100	140	3 + 2,9*(%Sat)-0,02496*(%Sat)^2 + 5,60919*0,00001*(%Sat)^3
	140		3+47
	Concentração de Saturação de OD(mg/L)		Cs = (14,62 - 0,3898*temp+0,006969*temp^2 - 0,00005896*temp^3)*(1-0,0000228675*altitude)^5,167
	% de Saturação		100*OD/Cs
C = Concentração (mg/L); temp = temperatura; turb = Turbidez			
Diferença de Temp.: Assumido o valor da constante de 94 pela CETESB, por se considerar que, nas condições brasileiras, a temperatura dos corpos d'água não se afasta da temperatura de equilíbrio.			

Fonte: Caires (2018a).

Um exemplo de como se calcula o IQA pode ser encontrado na planilha de Excel publicada por Caires (2018b). O cálculo do IQA é então feito por meio do produto dos nove parâmetros mencionados ponderados segunda a seguinte fórmula:

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

onde:

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

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

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

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

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

Os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros. A tabela 4 mostra a classificação adotada pela ADASA no Distrito Federal.

Tabela 4. Classificação dos resultados do IQA no Distrito Federal

IQA	Faixas
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$19 < IQA \leq 50$
Muito ruim	$IQA \leq 25$

Fonte: ADASA⁸.

O IET foi calculado para as estações lânticas, conforme estudos de Lamparelli (2004) e CETESB (2007) descritos no site da ANA⁹, usando a seguinte fórmula, apresentada neste mesmo site, para lagos:

$$IET = 10. (6 - (1,77 - 0,42. (\ln. (PT))/\ln(2)))$$

Onde:

IET = Índice do Estado Trófico - adimensional

⁸ ADASA. Classificação dos níveis de qualidade de acordo com resultados do IQA <http://www.adasa.df.gov.br/legislacoes/normas-organizacionais/17-pagina/117-monitoramento-dos-recursos-hidricos-do-distrito-federal> último acesso 13 janeiro 2019

⁹ ANA. IET http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx#_ftn1 último acesso 09 de novembro de 2018b.

PT= fósforo total é expresso em µg/L.

A classificação dos resultados do IET e suas características no ambiente encontra-se na tabela 5.

Tabela 5. Índice de estado trófico e suas principais características

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

IET: Índice de Estado Trófico.

Fonte: CETESB (2007) e Lamparelli (2004) em ANA¹⁰.

Análises individuais dos parâmetros impactantes do IQA e IET foram então conduzidas no tempo, com relação aos usos das águas (como pela Resolução de N°2 de 2014 do Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal (CRH-DF, 2014) e pela Resolução de N°357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005)), a dinâmica do uso do solo, pressão demográfica e aspectos sanitários rurais conforme metodologia do produto E1 e TDR. Também foram feitas análises destes parâmetros entre estações usando Mann-Whitney (o mesmo teste que descrito na seção 1.7.3.1. mas aqui usado para análise de fósforo total) e porcentagens de distribuição de frequência acumulada.

Além das análises preliminares de IQA, IET, DBO e condutividade também fez-se uma análise visual de pesticidas nos resultados da CAESB. Os parâmetros que excederam o máximo valor permitido no padrão do CONAMA N°357 (CONAMA, 2005) foram reportados em termos de

¹⁰ ANA. IET http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx#_ftn1 último acesso 09 de novembro de 2018b.

porcentagem de número de análises feitas na série histórica junto com os metais que excederam o valor máximo do mesmo padrão. Esta metodologia foi adotada pois a maioria destes parâmetros são analisados com baixa frequência e com falhas (ex. a cada ano como no caso do alumínio), ou esporadicamente (ex. quando se faz necessário como no caso dos pesticidas).

1.10 Análise de águas subterrâneas

A análise da quantidade das águas subterrâneas estava sujeita a disponibilidade de dados. No caso dos poços de monitoramento da bacia do Alto Descoberto estes possuem no máximo 23 dados de nível em 6 anos e não há uma frequência certa de monitoramento. Sendo assim, a análise quanto ao aspecto quantitativo foi realizada avaliando a variação das diferenças do nível do lençol freático quanto as suas médias, máximas e mínimas. Por se tratar de uma série pequena não foram aplicados testes de estatística descritiva ou de hipótese para verificação de tendência.

Como os dados de qualidade das águas subterrâneas também eram poucos, todos os parâmetros disponíveis ao longo do tempo foram analisados. Estes foram então comparados com a Resolução N°396 de 2008 do CONAMA (CONAMA, 2008) e com a Portaria de Consolidação de N°5 de 2017 do Ministério da Saúde (Ministério da Saúde, 2017)

2. RESULTADOS

2.1. Caracterização física da região de estudo

2.1.1. Aspectos hidrológicos da área de interesse

Para o presente estudo, a Bacia do alto Descoberto foi subdividida em 11 sub-bacias: sub-bacia do Rio Descoberto, Chapadinha, Olaria, Rodeador, Capão Comprido, Ribeirão das Pedras, Buriti Chato, Rocinha DF, Córrego do Meio, Rocinha GO e Coqueiro assim como a área do Lago Descoberto. A figura 3 abaixo mostra as sub-bacias do Alto Descoberto e a respectivas ordens dos rios principais de cada uma delas. A tabela 6, logo a seguir, resume as características físicas das sub-bacias.

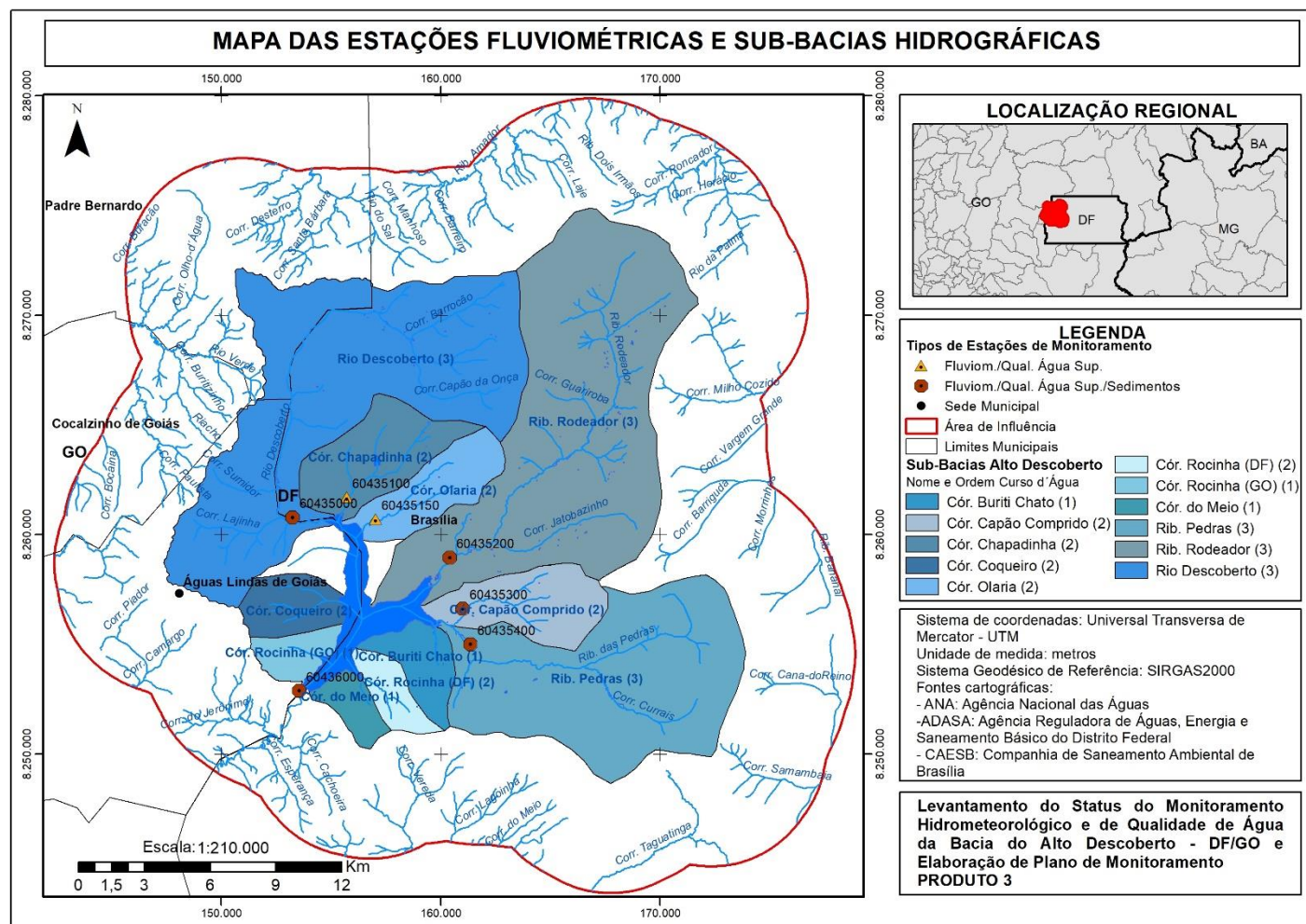


Figura 3. Mapa Bacia Alto Descoberto – áreas de contribuição sub-bacias e ordem dos rios principais.

Tabela 6. Características Físicas das Sub-bacias do Alto Rio Descoberto.

Sub-bacia	Área (km²)	Perímetro (km)	Comprimento do rio (km)	Comprimento Axial (m)	Largura média bacia (m)	F _f	K _c	F _c	Declividade (m/m)	Ordem do curso d'água	Densidade de Drenagem
Rio Descoberto	114,3	63,6	17,818	20606	5640	0,274	1,666	0,269	0,0046	3	0,443
Chapadinha	21,18	17,5	4,027	7702	2880	0,374	1,065	0,357	0,0144	2	0,532
Olaria	12,56	20,1	4,853	5905	2707	0,458	1,588	0,360	0,0284	2	0,628
Rodeador	114,27	51,14	20,941	19084	6033	0,316	1,340	0,314	0,0115	3	0,381
Capão Comprido	16,4	21,1	5,526	7224	2972	0,411	1,459	0,314	0,0261	2	0,475
Ribeirão das Pedras	77,64	45,1	15,99	14150	6464	0,457	1,433	0,388	0,0112	3	0,327
Córrego Buriti Chato	6,90	11,29	1,55	4802	1542	0,321	1,203	0,299	0,0232	1	0,225
Córrego Rocinha (DF)	6,67	11,73	2,42	4533	1839	0,406	1,272	0,325	0,0227	2	0,567
Córrego do Meio	4,12	8,77	1,22	3082	1706	0,554	1,210	0,434	0,0262	1	0,296
Córrego Rocinha (GO)	6,91	11,35	1,53	3950	2059	0,521	1,209	0,443	0,0542	1	0,221
Córrego Coqueiro	10,13	12,47	3,56	4744	2567	0,541	1,097	0,450	0,0236	2	0,769

Pela Tabela 6, pode-se inferir que de modo geral as sub-bacias do Alto Rio Descoberto tem características alongadas com áreas tendendo a um retângulo de base estreita e comprimento longo, indicando baixo potencial de picos de cheia. Caracterizam-se por apresentar rios com alta a média declividade e densidade de drenagem pobre, com exceção das sub-bacias Chapadinha, Olaria e Córrego Rocinha (DF) que apresentam densidade de drenagem regular.

Os rios principais das sub-bacias do Rio Descoberto, Rio Rodeador e Ribeirão das Pedras são considerados de ordem 3. O Córrego Chapadinha, Córrego Olaria, Córrego Capão Comprido, Córrego Rocinha (DF) e Córrego Coqueiro apresentam ordem 2. O Córrego Buriti Chato, Córrego do Meio e Córrego Rocinha (GO) são córregos de primeira ordem.

2.1.2. Relevo e pedologia na área de interesse

Os mapas de relevo e pedologia da área de interesse encontram-se abaixo nas figuras 4 e 5. O relevo está entre 800 e 1.350 m de altitude. Os principais tipos de solos encontrados na região são os Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelados que de acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Distrito Federal (Campos, sem data) são solos submetidos a considerável lixiviação de base e portanto, tem um perfil pedológico altamente intemperizado, com alteração intensa dos silicatos e concentrações razoáveis de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

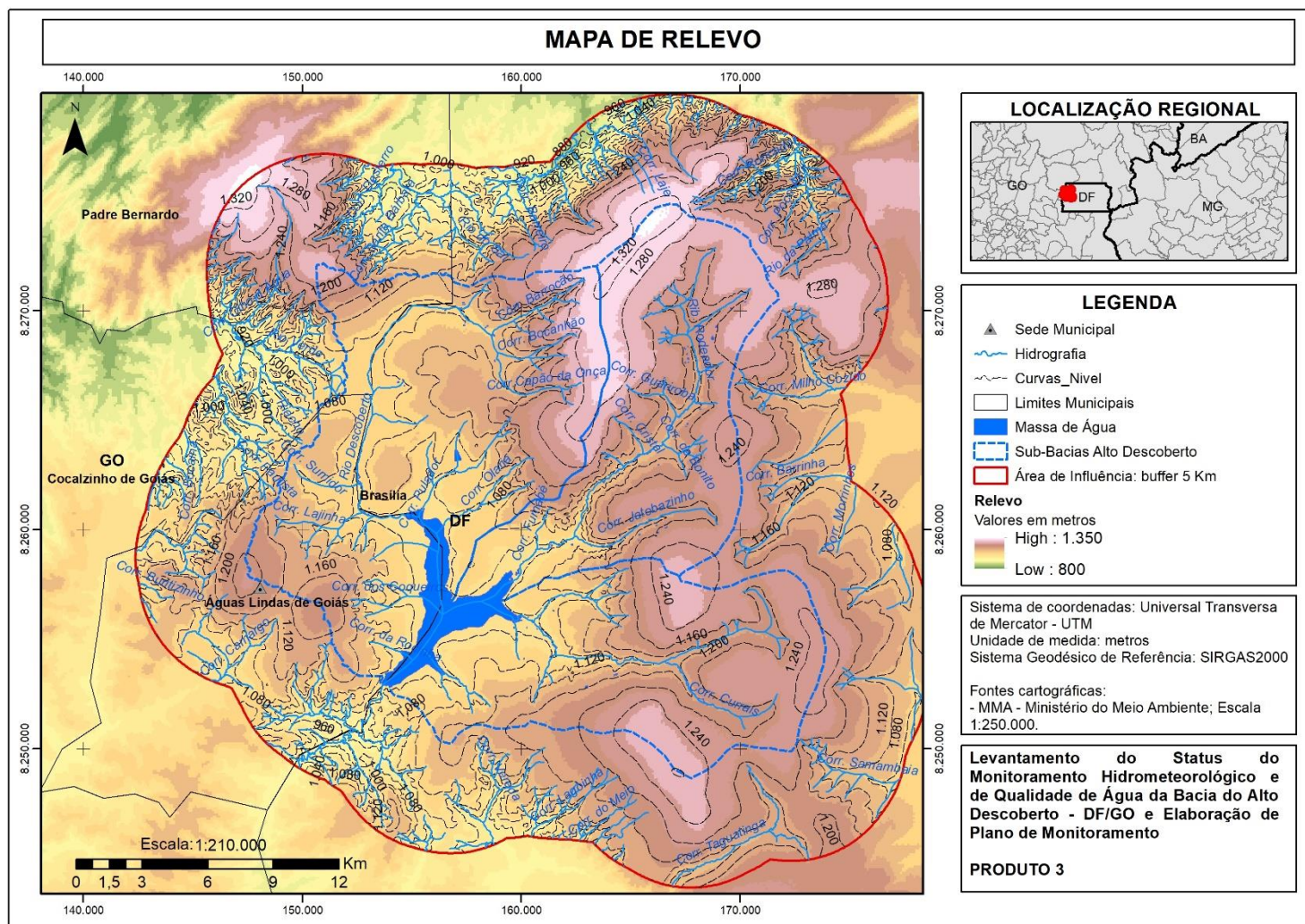


Figura 4. Mapa do relevo da região do Alto Descoberto e entorno

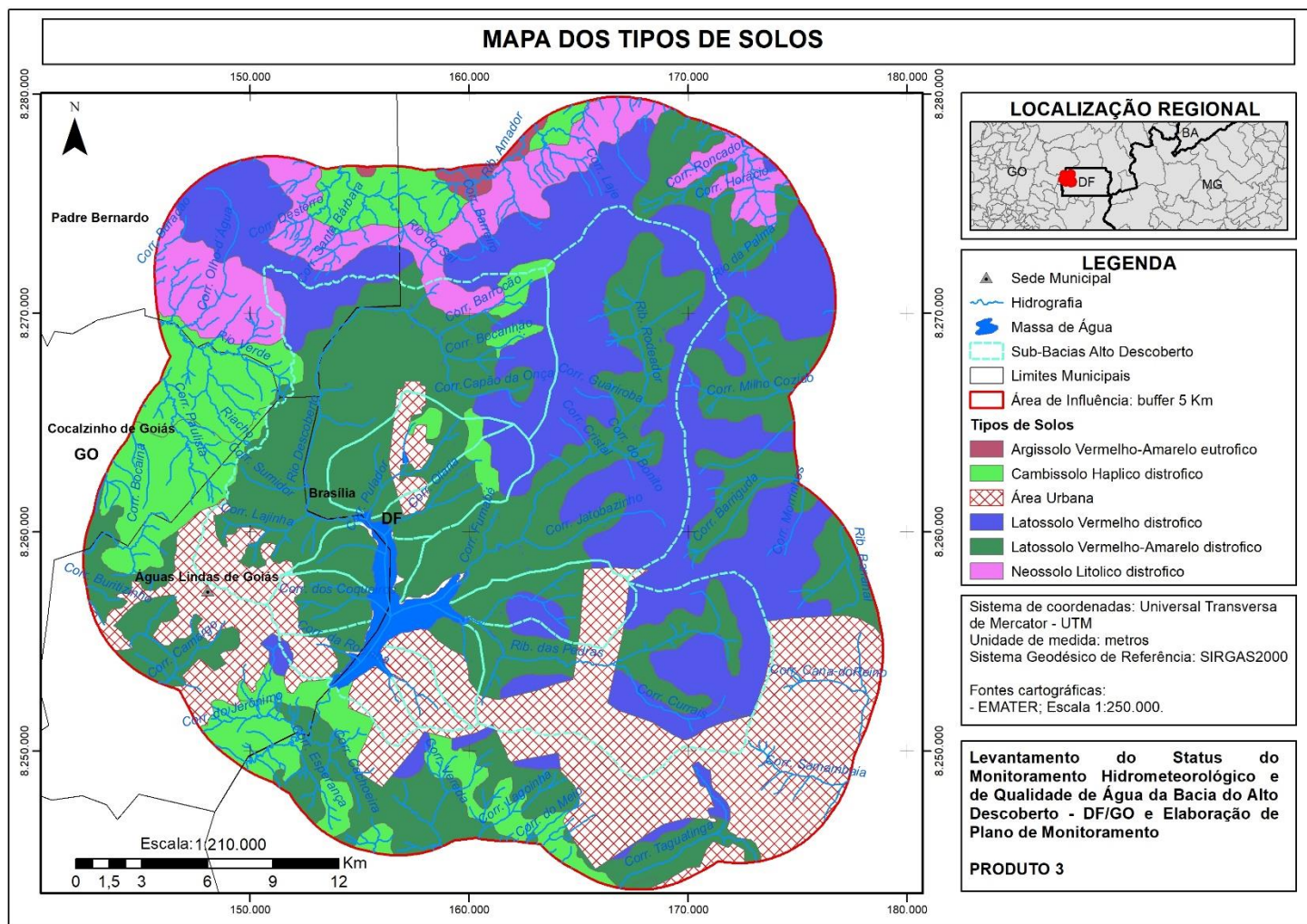


Figura 5. Mapa pedologia da região do Alto Descoberto e entorno.

2.2. Dinâmica do uso do solo da região de estudo

As divergências apontadas entre a classificação de uso do solo de 2002 e 2013 impossibilitam comparações detalhadas e quantificações pontuais em relações às mudanças de áreas em cada sub-bacia. Ainda assim, é possível, de forma abrangente, perceber um aumento da antropização na área de interesse (AI) da bacia hidrográfica do Alto Descoberto neste período de 11 anos; em especial em função da redução de cerca de 2% da classe natural ou cerrado (Tabela 7).

As classes agricultura e pastagem de 2002 somam 29% da AI, enquanto que as classes agricultura anual, pastagem e silvicultura, de 2013, resultam em 32%. Essa expansão parece ter sido sobre as áreas de cerrado que foram reduzidas em 3%. Por outro lado, as classes urbano e mosaico de ocupações de 2013 somam 29%, enquanto que a área urbana em 2002 é de 28%.

Tabela 7. Comparação entre a área (hectares) e percentual ocupado por cada classe de uso do solo das classificações de 2002 e 2013 na área de influência da Bacia Hidrográfica do Alto Descoberto.

Classes de Uso do Solo	2002		2013	
	Área (Ha)	%	Área (Ha)	%
Agricultura e agricultura anual	24.014,9	24%	871,0	1%
Água	959,7	1%	1.311,5	1%
Mineração	-	-	168,1	0%
Mosaico de ocupações	-	-	13.608,6	14%
Não observado	-	-	490,0	0%
Natural/Cerrado	41.084,1	41%	37.696,1	38%
Pastagem	5.387,6	5%	27.205,0	27%
Silvicultura	-	-	3.532,1	4%
Solo exposto	-	-	13,8	0%
Urbano	28.406,1	28%	14.956,1	15%
Total geral	99.852,5	100%	99.852,5	100%

Fonte: Projeto "Definição de Áreas Prioritárias para Conservação do Estado de Goiás, Brasil", (Imagem - WWF Brasil, 2002) e Projeto Terraclass (MMA, 2013).

Com relação a redução do cerrado mencionada acima percebe-se pelos mapas da Figura 6 e Figura 7 abaixo que isto ocorreu, principalmente, na margem direita do reservatório do Alto Descoberto, no entorno do córrego dos Coqueiros e do Camargo, e no fragmento de cerrado localizado entre o córrego dos Currais e o Ribeirão das Pedras, a esquerda do reservatório.

Percebe-se ainda um aumento da classe urbano ao longo do córrego Cana do Reino, a sudeste da AI da bacia.

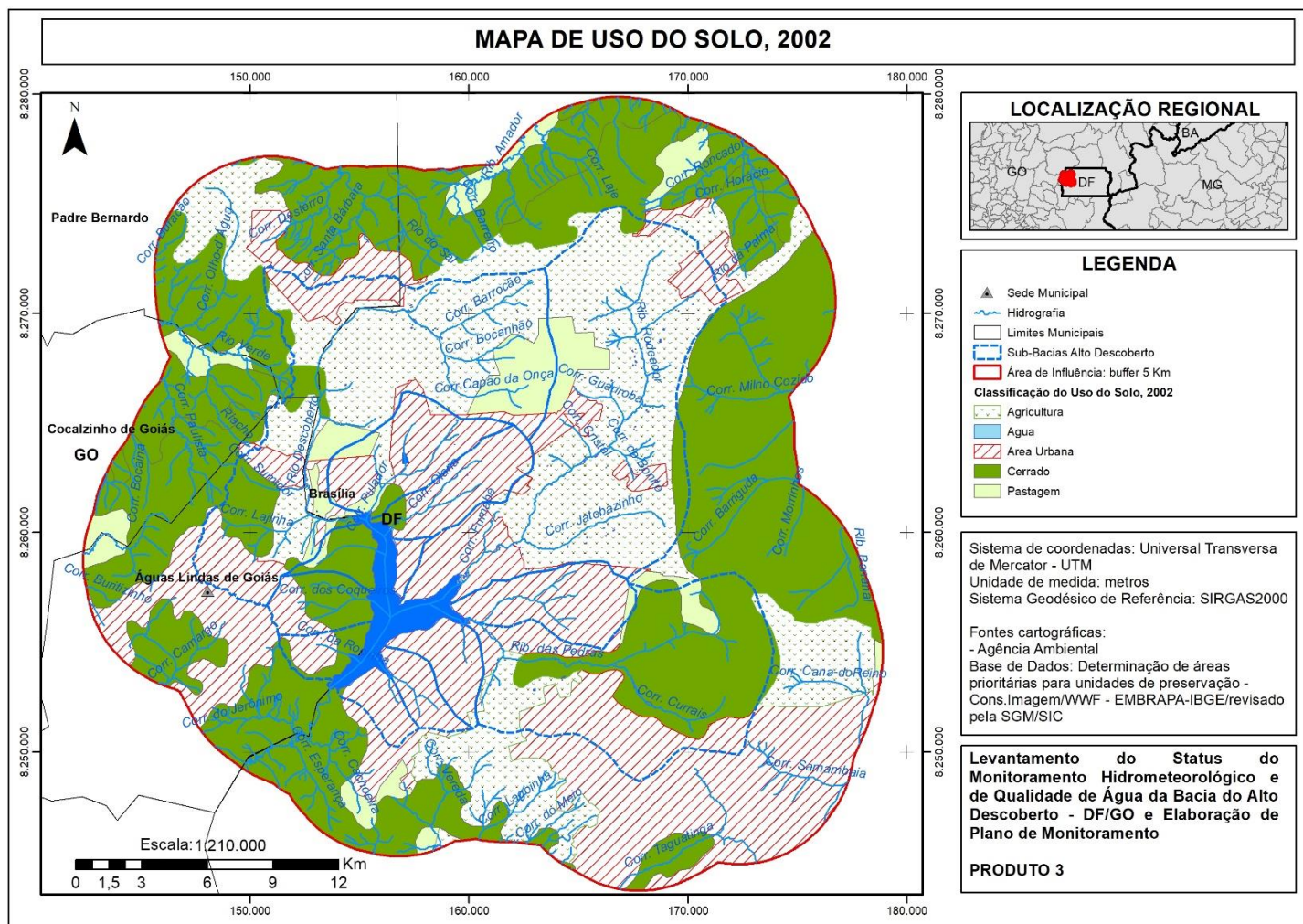


Figura 6. Mapa de uso do solo de 2002. Fonte: Projeto "Definição de Áreas Prioritárias para Conservação do Estado de Goiás, Brasil" (Imagem e WWF Brasil, 2002)

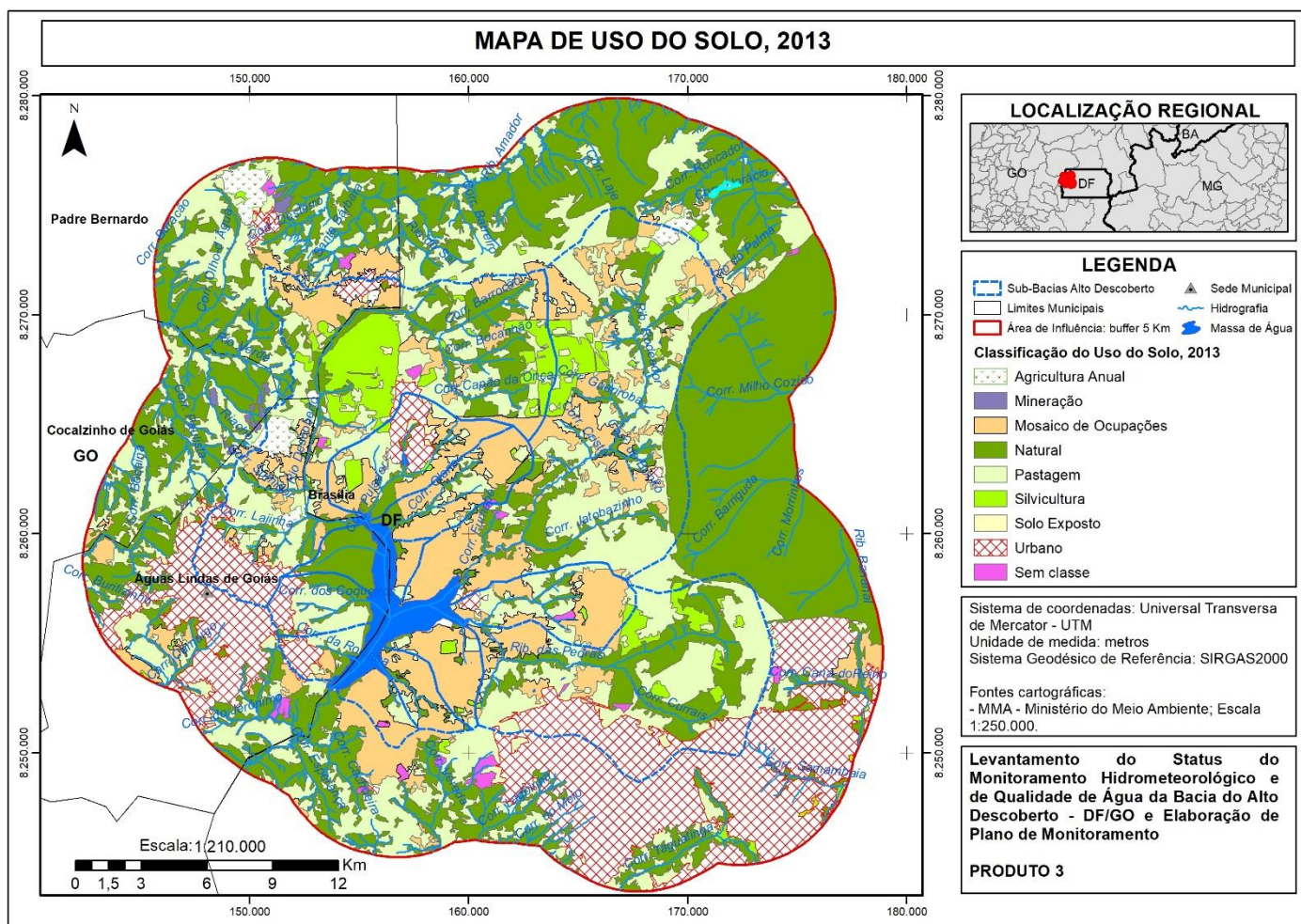


Figura 7. Mapa de uso do solo de 2013. Fonte: Projeto Terraclass (MMA, 2013).

2.3. Dinâmica da população na região de estudo

Quanto a dinâmica populacional, foram analisados os dados de 942 setores censitários em 2000 e 1.473 setores em 2010. Os tipos de setores – rural e urbano – e os municípios a que pertencem estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8. Número de setores censitários em 2000 e 2010 por município e tipo.

Município	Setores Censitários 2000			Setores Censitários 2010		
	Rural	Urbano	Total Geral	Rural	Urbano	Total Geral
Águas Lindas de Goiás	1	91	92	1	171	172
Brasília	19	828	847	69	1.217	1.286
Cocalzinho de Goiás	1		1	1		1
Padre Bernardo	2		2	14		14
Total Geral	23	919	942	85	1.388	1.473

A análise dos dados dos censos demográficos do IBGE em nível de setor censitário, revelam um aumento da população e de domicílios na área de interesse de 2000 a 2010 conforme Tabela 9.

Os setores censitários urbanos apresentaram um aumento de, aproximadamente 26,3% de população e 41,3% de domicílios de 2000 para 2010. No meio rural essa variação foi negativa para o quantitativo populacional, o que revela um processo ainda existente de êxodo rural, e positiva para o número de domicílios.

Tabela 9. Número de moradores e de domicílios dos setores censitários urbanos, rurais e ambos do censo demográfico de 2000 e 2010.

Setores Censitários Área de Influência		Número de moradores	Número de domicílios
Total	2000	741.597	196.640
	2010	926.220	274.640
	Variação 2000x2010	24,9%	39,7%
Urbanos	2000	705.582	187.336
	2010	890.923	264.617
	Variação 2000x2010	26,3%	41,3%
Rurais	2000	36.015	9.304
	2010	35.297	10.023
	Variação 2000x2010	-2%	8%

Fonte: censos demográficos de 2000 e 2010 (IBGE, 2000 e IBGE, 2010).

Os mapas abaixo nas Figuras 8 e 9 mostram a dinâmica populacional dos setores censitários do IBGE entre os anos de 2000 e 2010.

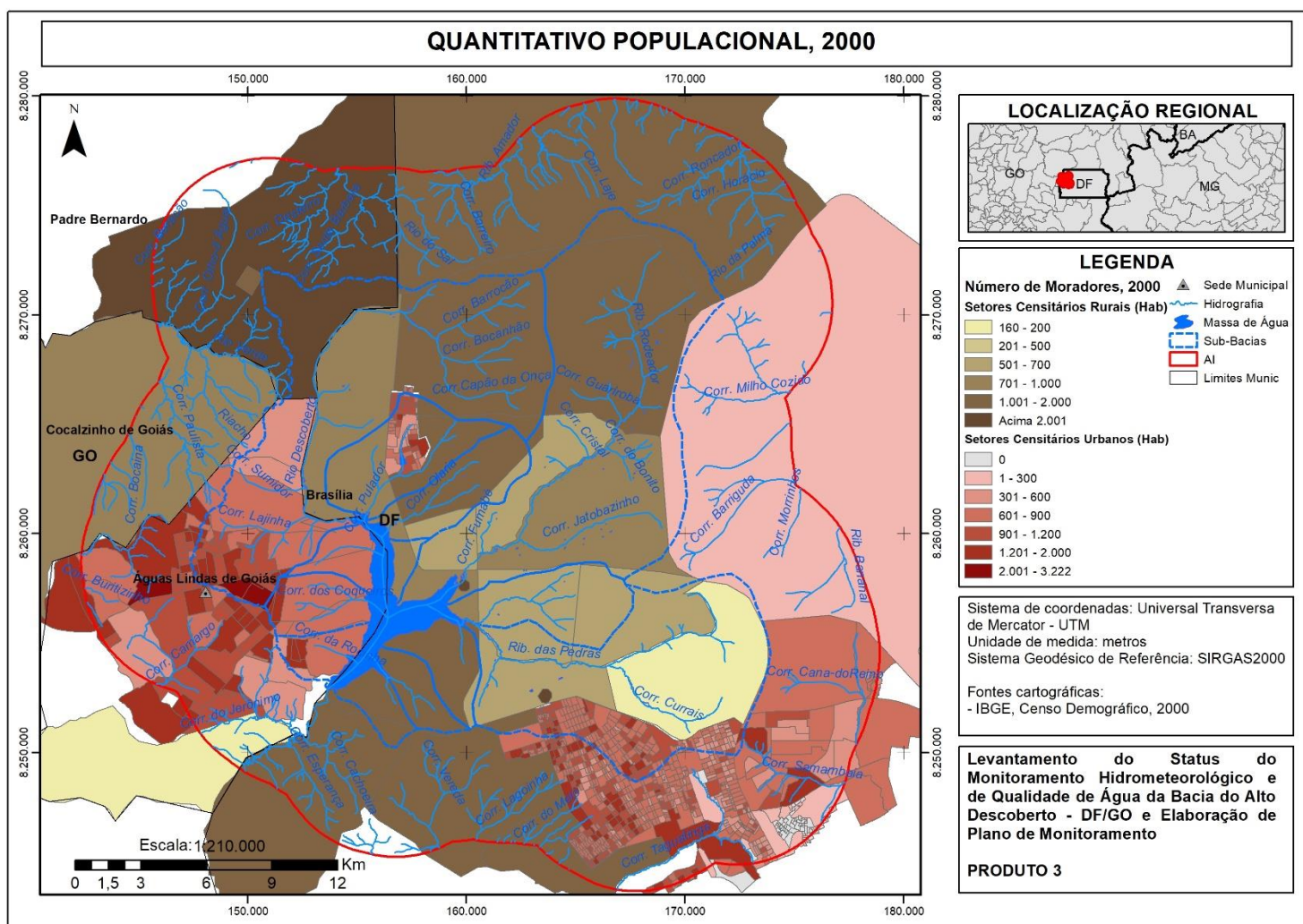


Figura 8. Mapa quantitativo populacional a nível de setor censitário do ano 2000 da área do Alto Descoberto e dos 5 Km de entorno.

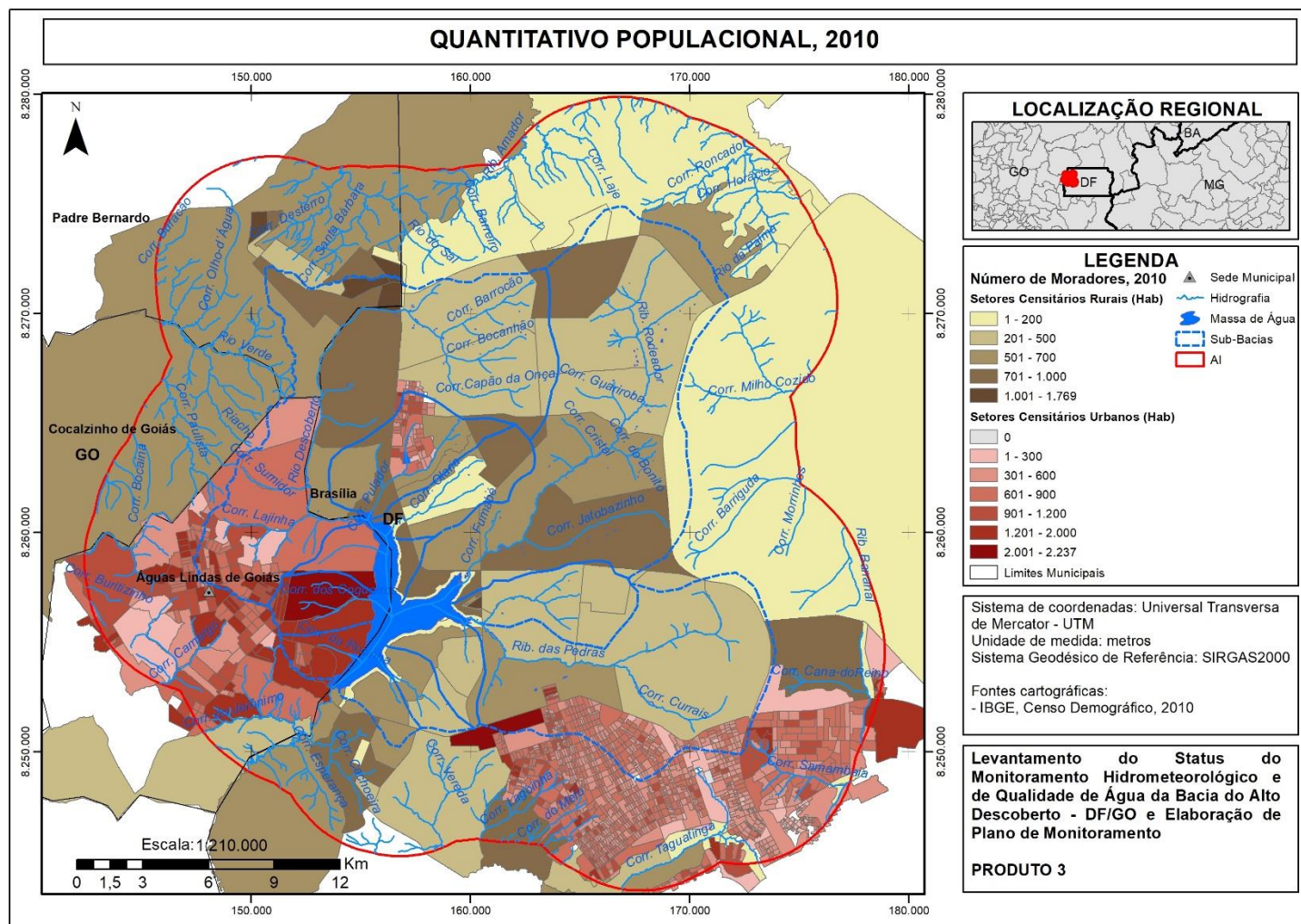


Figura 9. Mapa quantitativo populacional a nível de setor censitário do ano 2010 da área do Alto Descoberto e dos 5 Km de entorno.

Os mapas da figura 8 e da figura 9 acima ilustram o fato de que, de maneira geral, houve um aumento populacional nas áreas urbanas e uma diminuição nas áreas rurais. No entanto, observa-se que em particular na margem direita do reservatório do Alto Descoberto, nos fragmentos de cerrado entre o córrego dos Coqueiros e Rocinha e, na margem esquerda do reservatório, entre o córrego dos Currais e o Ribeirão das Pedras, a população aumentou (mesmo nas áreas rurais) entre 2000 e 2010. Estas foram as mesmas áreas onde, como visto na seção 2.2. sobre o uso do solo (figura 6 e figura 7), percebe-se que o cerrado deu lugar a pastagens.

2.4. Adequabilidade de esgotamento sanitário na área de interesse

A tabela 10 abaixo mostra que a maior parte das áreas rurais na área de interesse tem baixo atendimento adequado de esgotamento sanitário por número de domicílios quando comparado as áreas urbanas, isto é, não são atendidas por rede geral ou fossa séptica, mas são deficitárias. Isto significa que a maioria dos domicílios na área rural ou são atendidos por coleta não seguida de tratamento ou usam fossas rudimentares, ou ainda despejam diretamente em rios e lagos. A realidade das áreas urbanas é inversamente proporcional ao das áreas rurais.

Percebe-se que de maneira geral há uma pequena redução do número de domicílios atendidos por esgotamento sanitário adequado como proporção do total de domicílios. Esta redução foi de aproximadamente 4,4% entre 2000 e 2010. De acordo com os dados do IBGE esta redução ocorreu principalmente nas áreas urbanas apesar de que as áreas rurais continuaram com um pior atendimento em termos de porcentagem do seu total de domicílios.

Tabela 10. Resumo adequabilidade de esgotamento sanitário dos setores censitários da área de interesse em 2000 e 2010.

Resumo	Urbano				Rural				Total			
	Nº Domicílios 2000	% 2000	Nº Domicílios 2010	% 2010	Nº Domicílios 2000	% 2000	Nº Domicílios 2010	% 2010	Nº Domicílios 2000	% 2000	Nº Domicílios 2010	% 2010
Atendimento adequado	154231	82,33%	203850	77,30%	2317	27,10%	2928	29,60%	156548	79,92%	206778	75,57%
Atendimento deficitário	33094	17,67%	59875	22,70%	6234	72,90%	6965	70,40%	39328	20,08%	66840	24,43%
Total	187325	100%	263725	100%	8551	100%	9893	100%	195876	100%	273618	100%

Fonte: IBGE, 2000 e IBGE, 2010 (em nível de setor censitário).

Os mapas do esgotamento sanitário de 2000 (Figura 10) e de 2010 (Figura 11), ilustram as estatísticas apresentadas acima. Vê-se que apesar de haverem mudanças na adequação sanitária em diferentes áreas da região de interesse, no geral não há uma mudança significativa nos 10 anos nas proporções de áreas com mais de 50% de domicílios com esgotamento sanitário adequado e com menos de 50% de esgotamento sanitário adequado.

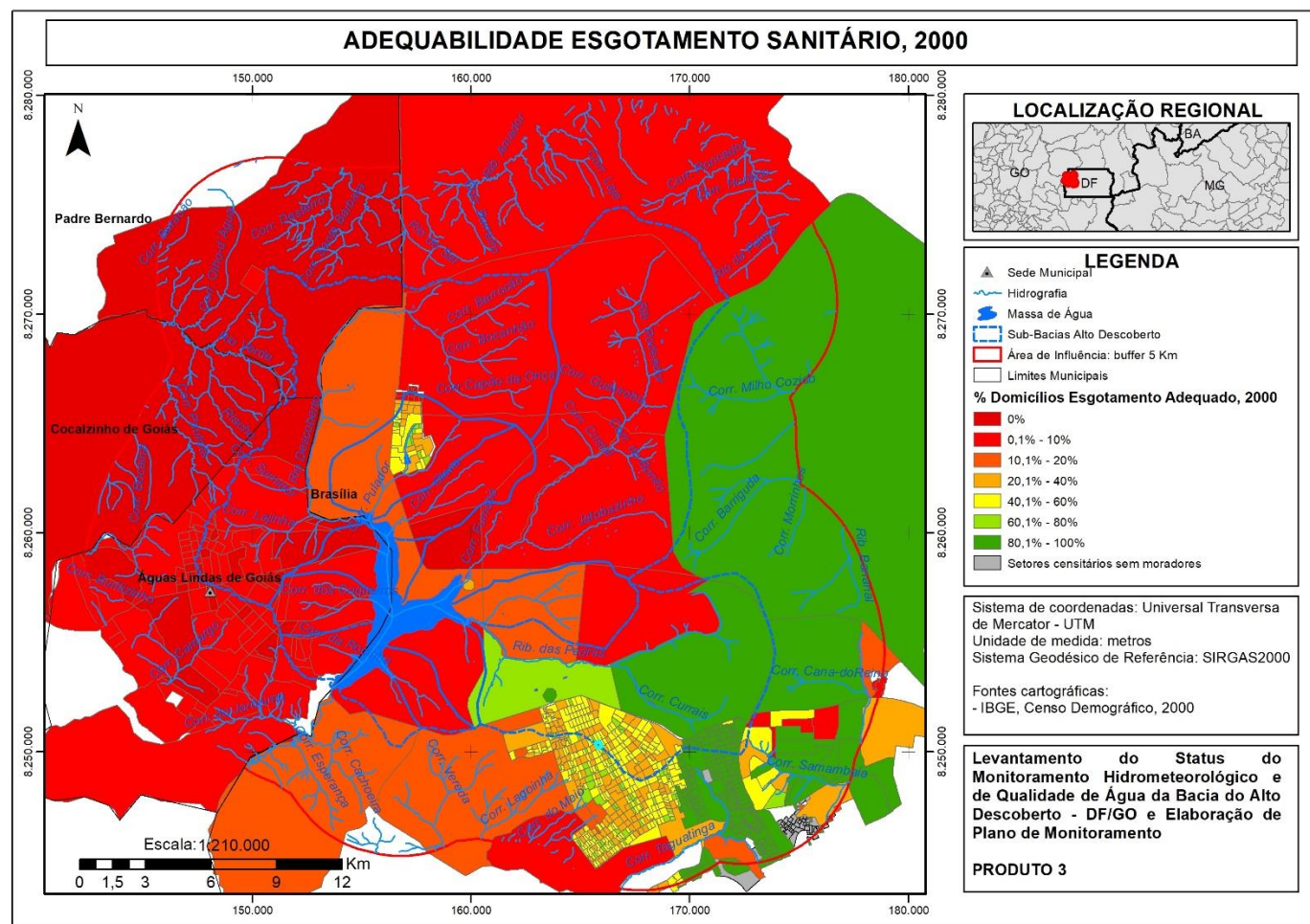


Figura 10. Adequabilidade de esgotamento sanitário na Bacia do Alto Descoberto e nos 5 Km de entorno - Ano 2000.

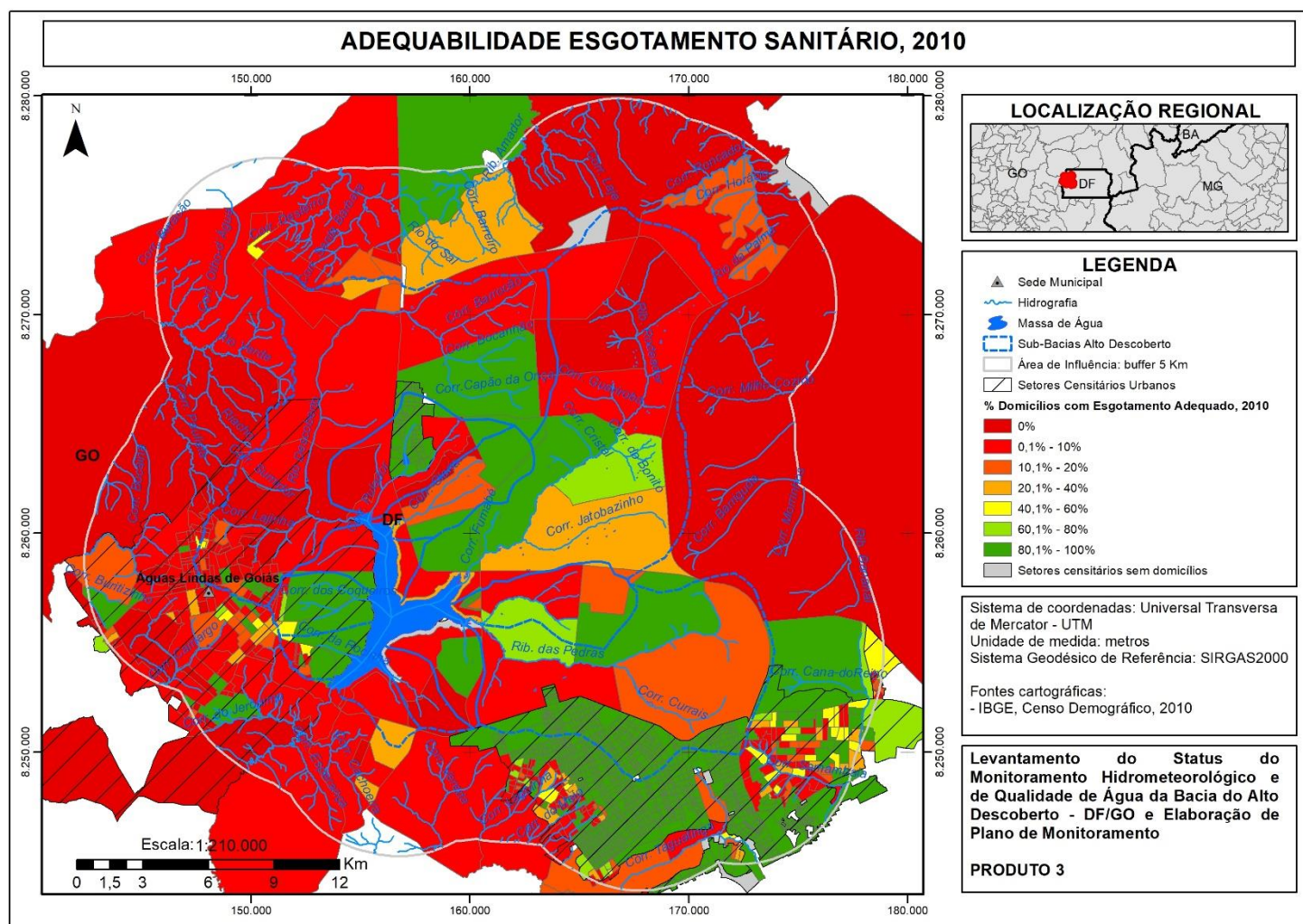


Figura 11. Adequabilidade de esgotamento sanitário na Bacia do Alto Descoberto e nos 5 Km de entorno - Ano 2010.

A redução da porcentagem de domicílios atendidos por esgotamento sanitário adequado nas áreas urbanas possivelmente tem a ver com a piora observada na região do Parque Nacional de Brasília e a mudança da classificação desta região pelo IBGE, de rural para urbana entre 2000 e 2010 (visto anteriormente na seção 2.3 análise do quantitativo populacional). É importante salientar que esta área encontra-se na zona de entorno da Bacia do Alto Descoberto e que quando se observa somente a Bacia repara-se uma pequena melhora em termos de percentual de esgotamento sanitário. Como esta melhora é quase imperceptível, e vem acompanhada de um aumento de domicílios, não necessariamente será refletida como um impacto positivo na qualidade dos recursos hídricos.

2.5. Distribuição espacial das estações

Pelos mapas da Figura 3 (visto na seção 2.1.1) e da Figura 12 abaixo (originalmente do produto E2), percebe-se que em relação a distribuição das estações fluviométricas, na região de estudo, elas abrangem todas as sub-bacias com exceção da área do Reservatório Descoberto, mais precisamente do pequeno afluente da margem esquerda ao reservatório, onde não há presença de nenhuma estação.

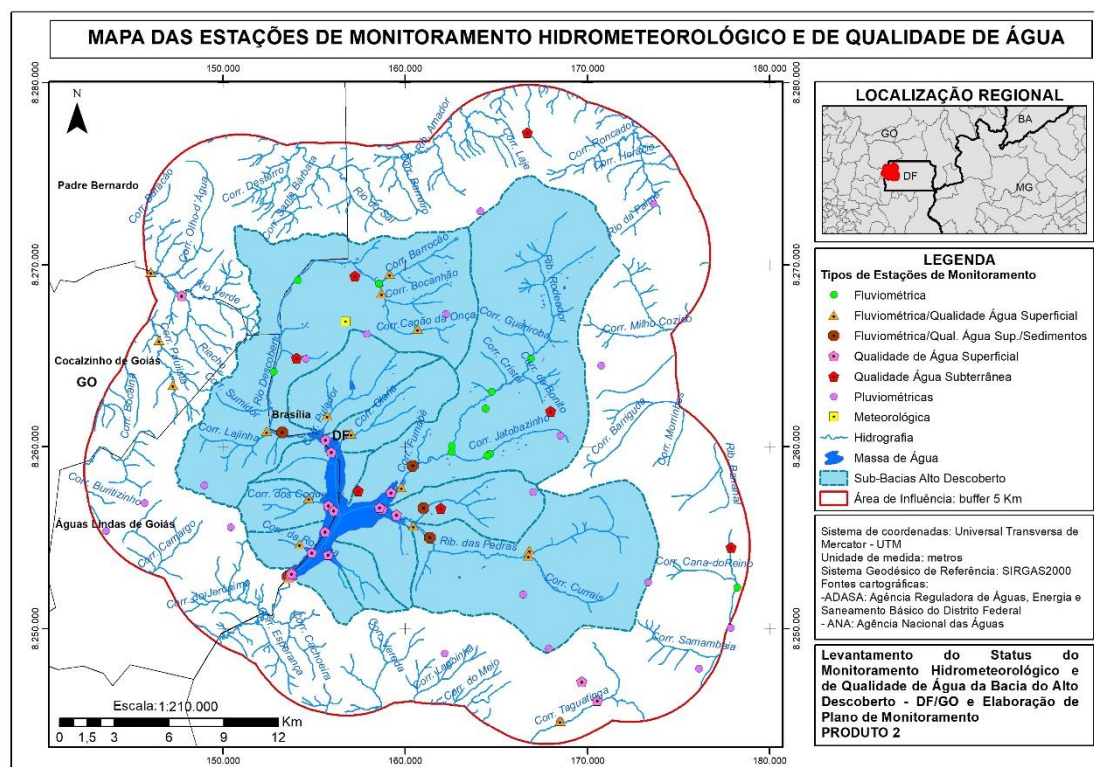


Figura 12. Mapa das Estações Hidrometeorológicas e de Qualidade da água (superficiais e subterrâneas) na bacia do Alto Descoberto e nos 5 Km de entorno.

Com relação as estações pluviométricas há monitoramento em toda a região de estudo, em média uma estação a cada 40 km². As estações estão instaladas de forma que abrangem todas as 11 sub bacias em estudo e a região de entorno.

Já com relação ao monitoramento meteorológico há apenas uma estação instalada em toda a região de estudo. A estação de monitoramento meteorológica tem abrangência de cerca de 150 km² (Torres e Machado, 2008) ao redor da estação. Os dados são coletados e tratados pelo INMET, que é o responsável pela estação, de acordo diretrizes da World Meteorological Organization (WMO, 2008).

Sendo assim, de modo geral, toda a região de estudo está bem monitorada, ou seja, possui uma quantidade de estações suficiente para atender ao monitoramento que é realizado atualmente quanto a realidade quantitativa dos recursos hídricos, contando com sete estações fluviométricas e sete pluviométricas com séries históricas com mais de 20 anos de dados. Porém, esse monitoramento não é capaz de detectar o resultado de ações de recuperação da vegetação nativa de forma objetiva, haja vista que os resultados de tais ações ocorrem no médio e longo prazo (CAESB, 2018).

Em Stoll *et al.* (2008) o autor afirma que o monitoramento fluviométrico só pode cumprir duas tarefas: a primeira, permite a comparação dos valores de vazões medidas com os valores calculados pela precipitação, levando em consideração a resposta hidrológica, permitindo assim uma ideia clara das dimensões de uso a montante. A segunda, a medição contínua e densa dos fluxos na bacia permite a observação do fluxo ambiental detectando áreas de secamento do rio e posteriormente identificar suas razões. Para o sucesso desse monitoramento é necessária uma densidade de estações que abranja toda a bacia com medições regulares.

O mesmo autor sugere que a densidade de estações na bacia de monitoramento tenha uma “abordagem aninhada” permitindo cobrir as necessidades de informações em diferentes escalas. Sendo possível, assim, com um mínimo de estações deduzir um máximo de informações. Um exemplo desse tipo de monitoramento é o proposto por Stoll *et al.* (2008) para Hoya de Quito onde a seguinte subdivisão é sugerida: microbacias (1- 10 km²), sub-bacias (10- 500 km²) e bacias hidrográficas (500 a 5000 km²). A finalidade desta subdivisão em diferentes escalas é obter informações para diferentes usos em diferentes detalhes.

Uma densidade alta e uniforme de estações, diz o autor, não é ideal, nem em termos econômicos, nem para cumprir com a necessidade de informação sobre uma área em geral ou para regiões críticas. Os critérios para as diferentes escalas estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11. Cobertura de estações a diferentes escalas e uso típico da informação

Escala	Densidade de estações hidrológicas	Uso típico da informação
Micro bacia (1-10 km ²)	10 km ² / estação	Investigação hidrológica Papel dos ecossistemas e uso do solo
Sub-bacia (10-500 km ²)	100 km ² / estação	Desenho de projetos
Bacia (500- 5000 km ²)	1000 km ² / estação	Manejo de recursos hídricos Usos externos da bacia Projeção de centrais hidrelétricas na parte baixa da bacia

(Fonte: Modificado de Stoll, M. *et al*, 2008)

A Tabela 12 apresenta a distribuição atual das estações do Alto Descoberto por sub-bacias com suas áreas de abrangência. Percebe-se que há estações monitorando micro bacias (a estação Capão da Onça, estação Barrocão Montante Captação e etc.), estações monitorando as sub-bacias (Capão da Onça Brazlândia, Descoberto Jus. Captação Barracão, Canal Jatobazinho e etc.) e estações monitorando a descarga de sub-bacias (Descoberto- Chácara 89, Rodeador DF 435 e Ribeirão das Pedras).

Ainda pela Tabela 12 nota-se que para um monitoramento hidrológico com ênfase em detectar mudanças hidrológicas na bacia ele está bem atendido de estações, mas para um monitoramento a fim de captar os impactos das ações de recuperação ambiental é necessário adequação do monitoramento. Instalando estações nas micro bacias que sofrerão interferência, adaptando as estações atuais, com relação a coleta de dados diários de cota, monitoramento de sedimentos em suspensão e de fundo. Aliado a isso é necessário conhecer e quantificar as retiradas de água da bacia e avaliar a evolução do uso dos recursos hídricos na Bacia do Alto Descoberto.

Salienta-se que as estações fluviométricas na região de entorno da Bacia do Alto Descoberto não foram aqui analisadas visto que elas monitoram rios que não drenam para a Bacia do Alto Descoberto.

Tabela 12. Análise da distribuição das estações fluviométricas do Alto Descoberto.

Sub-bacia	Área (km ²)	Estações	Monitora Qualidade?	Mede Sedimentos?	km ² / Estação	Área Total de Abrangência das Estações (km ²)
Rio Descoberto	114,3	Capão da Onça (Mont. Captação) (60434000)	Sim	Não	6,19	6,19
		Capão da Onça- Brazlândia - DF 415 (60434500)	Sim	Não	14,8	20,99
		Barrocão Montante Captação (60434550)	Sim	Não	9,66	9,66

Sub-bacia	Área (km²)	Estações	Monitora Qualidade?	Mede Sedimentos?	km² / Estação	Área Total de Abrangência das Estações (km²)
		Descoberto Jus. Captação Barracão (60434600)	Não	Não	1,74	32,39
		Fazenda Colomé (60434700)	Não	Não	20,30	52,69
		Padre Lucio Descoberto_Ponte DF 533 (60434800)	Não	Não	26,78	79,47
		Lajinha Montante Captação (60434560)	Sim	Não	15,69	15,69
		Descoberto- Chacara 89 (60435000)	Sim	Sim	18,07	113,23
Chapadinha	21,18	Chapadinha- Aviário- DF 180 (60435100)	Sim	Não	20,13	20,13
Olaria	12,56	Olaria - DF 080 (60435150)	Sim	Não	12,12	12,12
Rodeador	114,27	Rodeador Montante Canal (60435180)	Não	Não	60,01	60,01
		Canal Rodeador (60435185)	Não	Não	18,99	79,00
		Rodeador Jusante Canal (60435186)	Não	Não	3,25	82,25
		Rodeador Montante Jatobazinho (60435198)	Não	Não	7,37	89,62
		Jatobazinho Montante Canal (60435190)	Não	Não	14,60	14,60
		Canal Jatobazinho (60435195)	Não	Não	0,27	14,87
		Jatobazinho Montante Rodeador (60435197)	Não	Não	3,48	18,35
		Rodeador - DF 435 (60435200)	Sim	Sim	3,99	111,96
		Ribeirão Rodeador (60435250)	Sim	Não	8,32	120,28
Capão Comprido	16,4	Capão Comprido - Descoberto (60435300)	Sim	Sim	15,51	15,51
Ribeirão das Pedras	81,3	Pedras - Mont. Captação (60435320)	Sim	Não	27,56	27,56
		Currais - Mont. Captação (60435350)	Sim	Não	24,07	24,07
		Ribeirão das Pedras (DF-180) (60435400)	Sim	Sim	24,52	76,15
		Ribeirão das Pedras (60435405)	Sim	Não	5,16	81,30
Córrego Buriti Chato	6,90	Não há estações de monitoramento				-
Córrego Rocinha (DF)	6,67	Não há estações de monitoramento				-
Córrego do Meio	4,12	Não há estações de monitoramento				-
Córrego Rocinha (GO)	6,91	Rocinha - Águas Lindas (60435430)	Sim	Não	3,62	3,62
Córrego Coqueiro	10,13	Córrego Coqueiro (braço esquerdo) (60435410)	Sim	Não	7,67	7,67
		Córrego Coqueiro (braço direito) (60435420)	Não	Não	4,80	4,80

Com relação as estações de qualidade, vê-se que as sub-bacias estão na sua maioria também bem adensadas com exceção do norte da sub-bacia Rodeador especialmente quando se leva em

consideração intervenções que estão sendo planejadas pela EMATER naquela região (EMATER sem data) e que se pretende detectar com o monitoramento que será sugerido no produto 4.

As estações que monitoram sedimentos estão nas principais sub-bacias. No entanto, quando leva-se em consideração que as intervenções por parte dos parceiros da Aliança do Alto Descoberto incluem, em sua maioria, reflorestamento, é importante se pensar em pontos estratégicos para uma melhor distribuição do monitoramento de sedimentos. Por exemplo, mais perto de tais intervenções.

Atualmente, existem na área da bacia do Alto Descoberto 7 estações de monitoramento de águas subterrâneas conforme identificado no mapa da Figura 13.

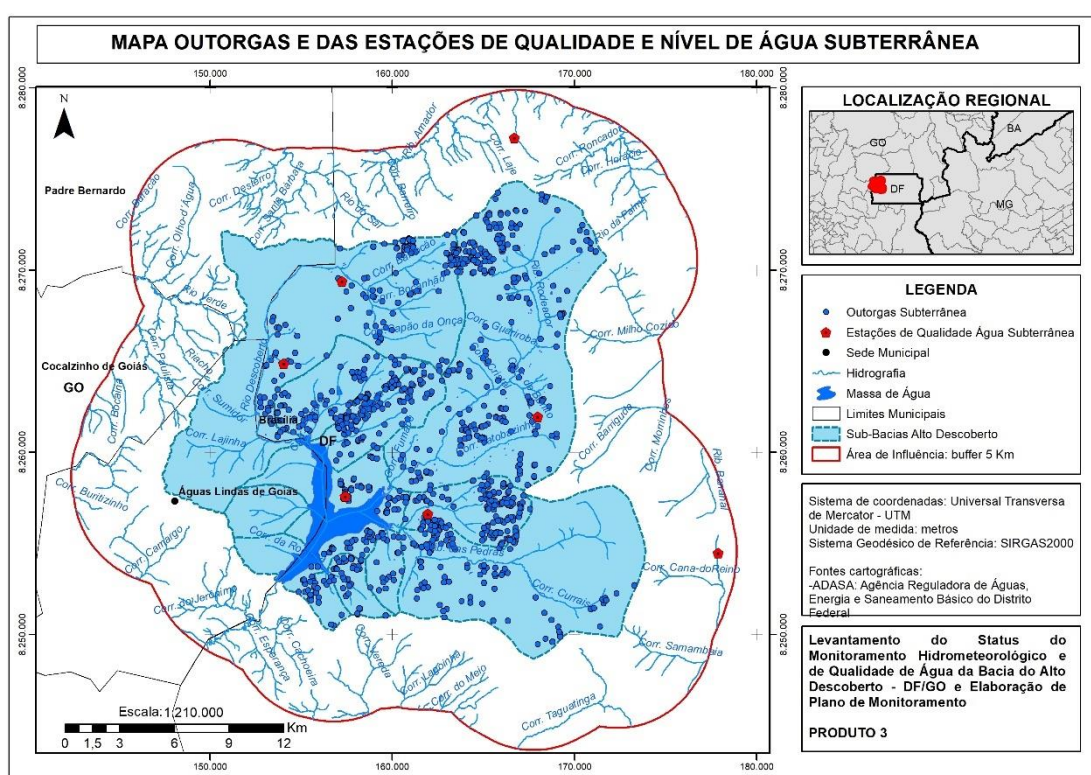


Figura 13. Mapa com as estações de monitoramento e outorgas subterrâneas.

Cada uma das estações subterrâneas possuem uma dupla de poços, um que atinge a profundidade do sistema poroso superficial e o outro que atinge o sistema fraturado mais profundo. De acordo com a ADASA (2018) a rede de monitoramento das águas subterrâneas foi concebida para abranger a maior diversidade de tipologias dos domínios poroso e fraturado. Além desse fator, a localização também foi definida tendo em vista o acesso da área e permissão dos proprietários das terras na concessão desses locais para a perfuração.

As análises quanto a representatividade destes poços em relação aos aquíferos que eles estão inseridos e a adequabilidade das estações existentes quanto ao monitoramento das

intervenções da TNC e parceiros, nas sub-bacias do Alto Descoberto, estão condicionadas a informações sobre a geometria dos reservatórios, a definição de suas condições e limites assim como da avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos.

Conforme destaca Gonçalves *et al.* (2007), a representação gráfica da informação hidrogeológica é ferramenta indispensável para o planejamento do uso das águas subterrâneas, de forma a refletir a situação atual do conhecimento hidrogeológico e atender às necessidades específicas dos gestores desses recursos.

Não há mapas potenciométricos ou perfis hidrogeológicos da região de estudo no site da CPRM¹¹, e a ADASA informou em reunião que não possui tais mapas em detalhe. A ausência de informações sobre as características hidrogeológicas da área de estudo, bem como de suas adjacências, compromete o julgamento sobre a disponibilidade de pontos de monitoramento e sua suficiência para o estabelecimento de rede de amostragem para avaliação da qualidade hídrica e fatores intervenientes (Antropoceno, 2019).

2.6. Resultados metereológicos

A caracterização climática que será apresentada a seguir está baseada na estação meteorológica OMM-Brazlândia, do INMET (Tabela 13). Esta é uma estação nova com série de dados de outubro de 2017 a outubro de 2018. Portanto, a caracterização não reflete o histórico da região.

Tabela 13. Estação Meteorológica Utilizada.

Código	Estação	Entidade Operadora	Período	Latitude	Longitude
OMM	Brazlândia_A042	INMET	2017-2018	-15,652894	-48,201369

Temperatura do ar

A temperatura do ar é resultante do impacto da radiação solar sobre o sistema solo- superfície-atmosfera combinados com aspectos astronômicos e dinâmicos de micro, meso e larga escala (Silva e Silva, 2005).

De acordo com as normais da estação meteorológica OMM-Brazlândia, do INMET, as menores temperaturas médias ocorrem nos meses de maio a julho e, as maiores de agosto a outubro. As médias das temperaturas instantâneas variam de 20° a 25° C, as temperaturas mínimas de 19° a 24°C e as temperaturas máximas de 21° a 26°C (Figura 14).

¹¹ CPRM. Mapas Hidrogeológicos do Brasil. <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes-173> último acesso 20 de fevereiro 2019.

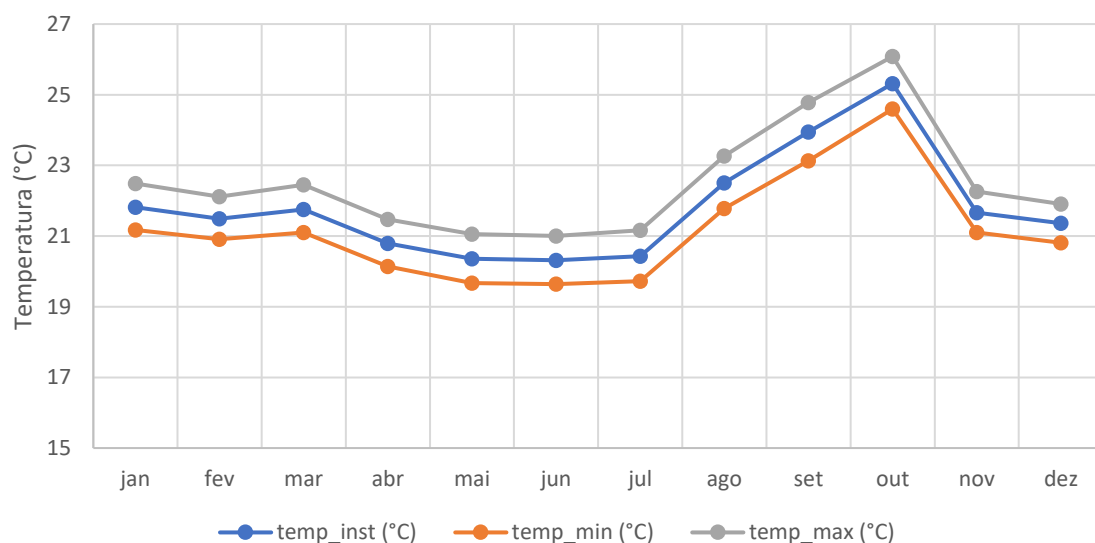


Figura 14. Normais temperatura (°C), na estação OMM-Brazlândia.

De acordo com Cardoso (2014), em estudo de classificação do clima no Estado de Goiás e no Distrito Federal utilizando a metodologia de classificação proposta por Köppen-Geiger (1900) e adaptada por Setzer (1966), o tipo de clima identificado no Distrito Federal é o Aw, caracterizado por temperaturas médias do mês mais frio do ano $> 18^{\circ}\text{C}$ e forte precipitação anual.

Neste mesmo estudo, em ordem decrescente, as temperaturas médias do ar no Estado de Goiás e no Distrito Federal foram distribuídas da seguinte forma: outubro ($25,3^{\circ}\text{C}$), dezembro ($24,6^{\circ}\text{C}$), novembro ($24,5^{\circ}\text{C}$), janeiro e março ($24,2^{\circ}\text{C}$), fevereiro e setembro ($24,1^{\circ}\text{C}$), abril ($23,7^{\circ}\text{C}$), agosto ($22,7^{\circ}\text{C}$) maio ($22,1^{\circ}\text{C}$) e junho e julho ($20,8^{\circ}\text{C}$). Portanto, os dados coletados pela estação estão de acordo com a bibliografia.

Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar corresponde à quantidade de água existente na forma de vapor na atmosfera em determinado momento, com relação ao total máximo que poderia existir na temperatura observada (Pena, 1997).

De acordo com as normais da estação meteorológica OMM-Brazlândia, do INMET, as menores umidades médias ocorrem nos meses de julho a outubro e, as maiores no período chuvoso de novembro a abril. As médias das umidades instantâneas variam de 47% a 42%, as umidades mínimas de 45% a 39% e as umidades máximas de 85% a 76% (Figura 15).

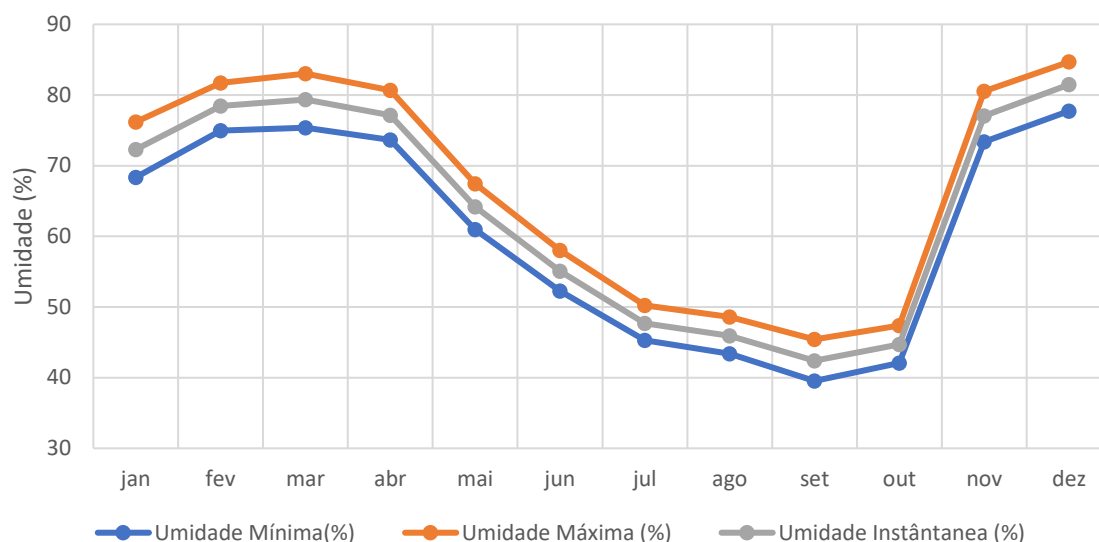


Figura 15. Normais umidade relativa do ar, em %, na estação OMM-Brazlândia.

Segundo INPE¹², a umidade relativa do ar, em Brasília, no período de seca, cai de valores superiores a 70% para 20%. Coincidindo com o período mais quente, nos meses de agosto e setembro, a umidade relativa do ar pode chegar a 12%, valor típico de deserto. As médias mensais são: janeiro (76%), fevereiro (77%), março (76%), abril (75%), maio (68%), junho (61%) julho (56%), agosto (49%), setembro (53%), outubro (66%), novembro (75%) e dezembro (79%). Portanto, até o momento os valores registrados pela estação estão de acordo com a bibliografia.

Radiação Solar

A energia emitida pelo sol e transmitida sob a forma de radiação eletromagnética recebe o nome de radiação solar. Metade dessa energia é emitida na forma de luz visível e no restante em infravermelho e ultravioleta. Anualmente, a radiação solar fornece para a atmosfera terrestre aproximadamente $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia. Essa, além de suportar a maioria das cadeias tróficas, é a principal responsável pela dinâmica da atmosfera terrestre e pelas características climáticas do planeta.

De acordo com as normais da estação meteorológica OMM-Brazlândia, do INMET, o menor valor médio de radiação solar se deu no mês de abril 602,53 kJ/m², enquanto que o maior valor foi encontrado no mês de outubro 1097,15 kJ/m² (Figura 16).

¹² INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Estação de Brasília- Climatologia Local. Disponível em: < <http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/brasil-clima.html>>. Acessado em: 07 de novembro de 2018.

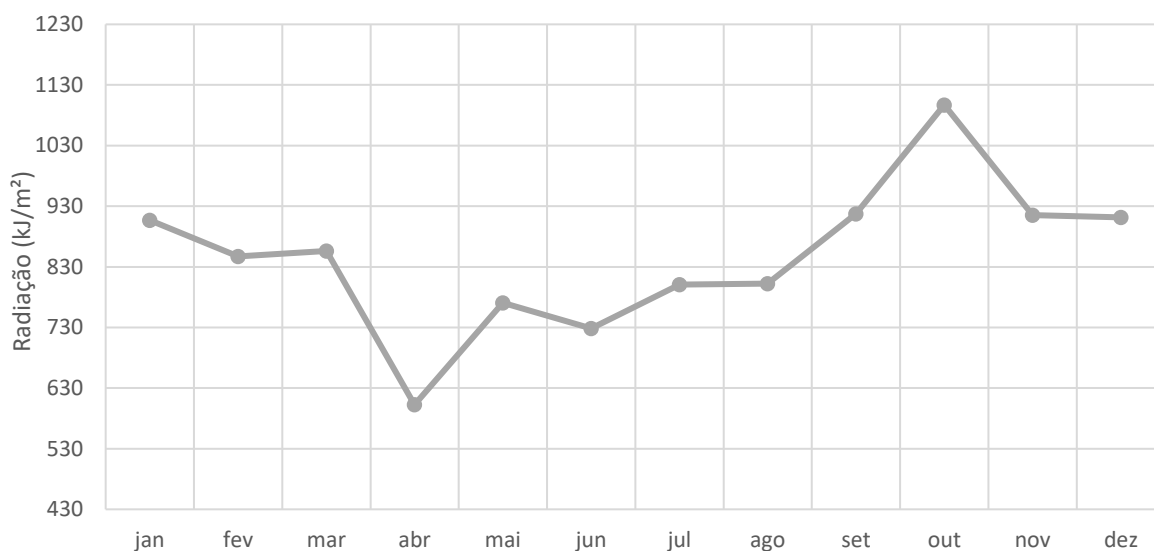


Figura 16. Normais Radiação solar, em kJ/m², na estação OMM-Brazlândia.

Segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (Chigueru Tiba *et al.*, 2000), a radiação solar no país varia de 8 a 22 MJ/m²/dia, sendo assim, os dados coletados pela estação estão dentro do esperado para região.

Ponto de Orvalho

O ponto de orvalho é a temperatura na qual a umidade do ar condensa sobre a superfície. De acordo com as normais da estação meteorológica OMM-Brazlândia, do INMET, os menores pontos de orvalho médios ocorrem nos meses de julho a setembro e, os maiores no período chuvoso de novembro a março. As médias dos pontos de orvalho instantâneos variam de 8° a 17°, os pontos de orvalhos mínimos de 7,8° a 17,1° e os pontos de orvalhos máximos de 8,7° a 18,3° (Figura 17).

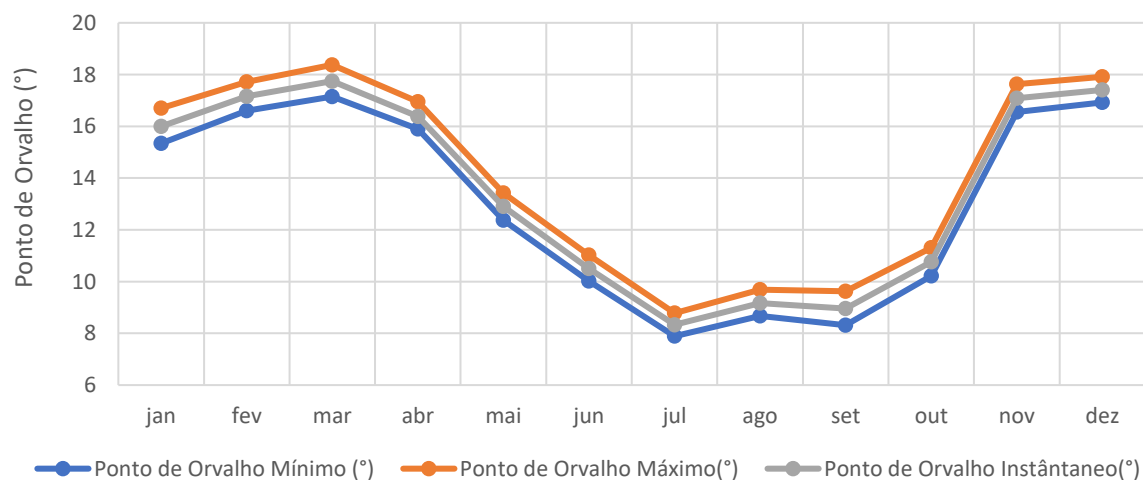


Figura 17. Normais Ponto de Orvalho, em (°), na estação OMM-Brazlândia.

Relatórios da Weather Spark¹³, empresa responsável por emitir relatórios detalhados do clima típico de 150.165 localidades distribuídas pelo mundo, mostram que o ponto de orvalho em Brasília varia de 13° a 21°.

Nos resultados coletados pela estação Brazlândia o ponto de orvalho mínimo esteve um pouco abaixo ao deste relatório e das referências consultadas, porém, vale ressaltar que a estação em estudo ainda possui uma série de dados pequena não sendo possível concluir se houve uma mudança no comportamento do parâmetro.

Pressão Atmosférica

Pressão atmosférica é o peso que o ar exerce sobre a superfície terrestre. Sua manifestação está diretamente relacionada à força da gravidade e à influência que essa realiza sobre as moléculas gasosas que compõem a atmosfera. Assim, a pressão atmosférica sofre variações conforme as altitudes e as condições de temperatura do ar (Pena, 1997)

De acordo com as normais da estação meteorológica OMM-Brazlândia, do INMET, os menores valores de pressão médios ocorrem nos meses de outubro a março e, os maiores no período seco de abril a setembro. As médias da pressão instantânea variam de 886,17 hPa a 891,16 hPa, a pressão mínima de 886,22 hPa a 890,96 hPa e a pressão máxima de 886,44 hPa a 891,36 (Figura 18).

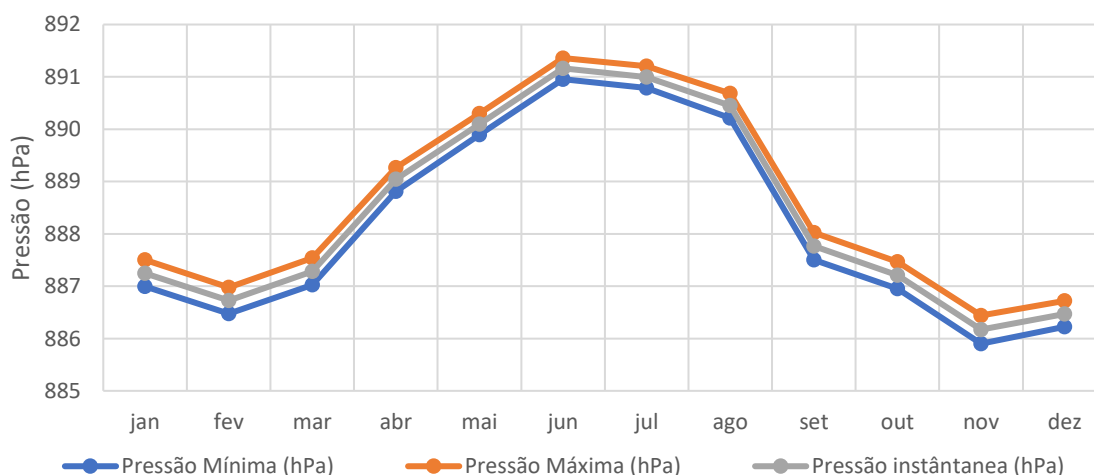


Figura 18. Normais Pressão atmosférica, em hPa, na estação OMM-Brazlândia.

¹³ Weather Spark. Relatórios gráficos mensais, diários e horários do clima. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/147585/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Brasilia-Aeroporto-Brasil-durante-o-ano>>. Acessado em: 26 de dezembro de 2018.

Estudos realizados por Natal *et al.* (2016) mostraram que as médias mensais da pressão de 2003 a 2012, no Distrito Federal, variou de 884,5 hPa a 890,0 hPa. Portanto os valores registrados pela estação Brazlândia estão de acordo com o histórico da região.

Vento

Rajada de Vento: A rajada vem de um movimento brusco e repentino do ar. A rajada é um vento de curta duração, em geral com menos de 20 segundos (Pegorim, 2017)

De acordo com as normais da estação meteorológica OMM-Brazlândia, do INMET, a rajada de vento variou de 4,83 m/s (março) a 6,41 m/s (outubro) com média de 5,66 m/s (Figura 19).

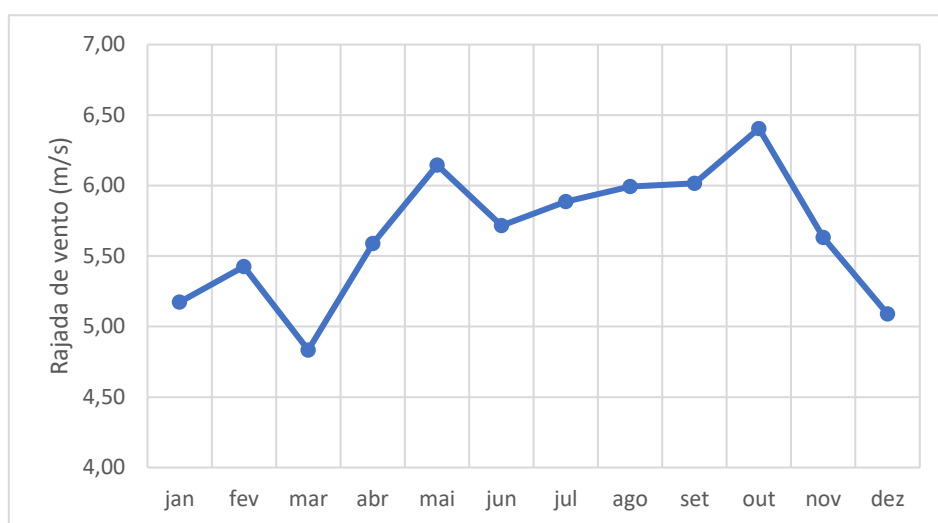


Figura 19. Normais Rajada de vento, em m/s, na estação OMM-Brazlândia.

Velocidade do Vento: O vento é definido com o ar em movimento, esse pode ser medido de acordo com sua velocidade (Pegorim, 2017).

De acordo com as normais da estação meteorológica OMM-Brazlândia, do INMET, a velocidade do vento variou de 1,86 m/s (março) a 2,76 m/s (outubro) com média de 2,34 m/s (Figura 20).

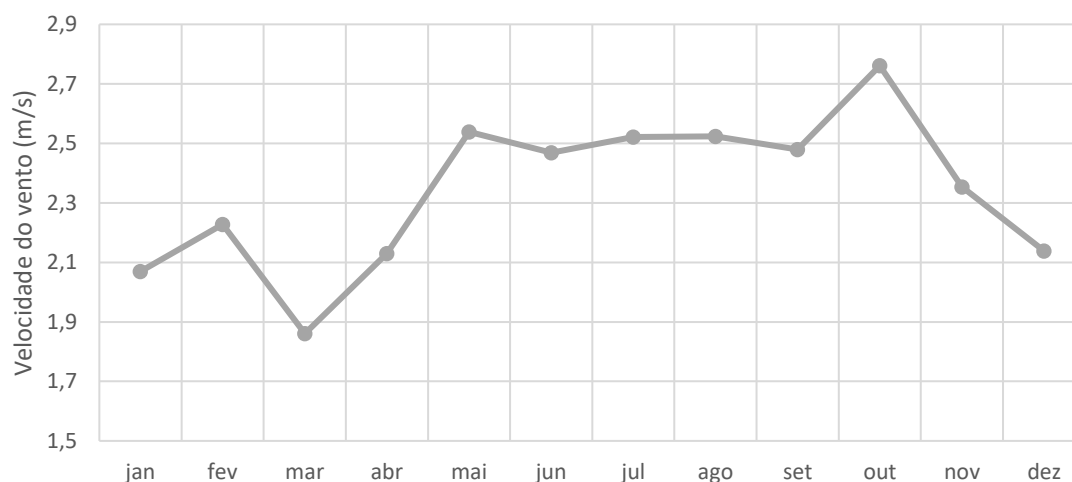


Figura 20. Normais Velocidade do vento, em m/s, na estação OMM-Brazlândia.

Direção do vento: A direção do vento é definida como a direção de onde o vento sopra. A direção dos ventos é composta pelos pontos cardeais: Norte (N), Sul (S), Leste (L) e Oeste (W), pontos colaterais: Nordeste (NE), Sudeste (SE), Noroeste (NW) e Sudoeste (SW) e pontos subcolaterais: nor-nordeste (NNE), nor-noroeste (NNW), sul-sudeste (SSE), sul-sudoeste (SSW), lés-nordeste (ENE), lés-sudeste (ESSE), oés sudeste (WSE) e oés-sudoeste (WSW).

De acordo com as normais da estação meteorológica OMM-Brazlândia, do INMET, a direção do vento variou de 96,58° (julho) caracterizando ventos de leste, a 181,76° (dezembro) caracterizando ventos do sul, na grande maioria dos meses os ventos são caracterizados como de sudeste (Figura 21).

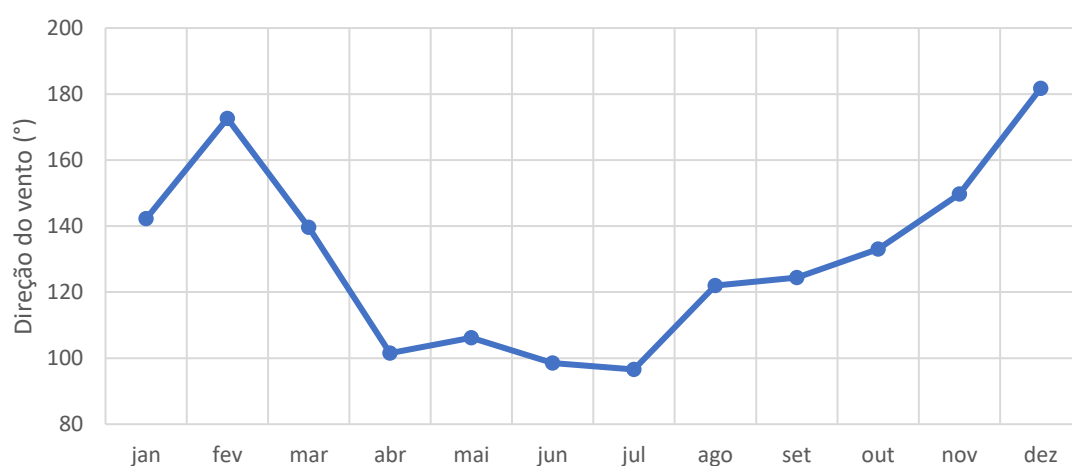


Figura 21. Normais Direção do vento, em (°), na estação OMM-Brazlândia.

Em estudo realizado por Maciel (2002) a direção mensal do vento em Brasília de 1960 a 1997, variou de NW em novembro, dezembro e janeiro a NE em fevereiro e outubro e L nos restantes dos meses enquanto que a velocidade esteve entre 2 m/s e 3 m/s, sendo assim, os dados

registrados pela estação Brazlândia mostram-se um pouco diferentes. Ressalta-se que a estação tem apenas dois anos de dados e, portanto, não é possível inferir que está havendo mudanças no clima da região.

2.7. Pluviométricos e fluviométricos

2.7.1. Pluviometria

A Tabela 14 apresenta as informações sobre a localização e período de operação das estações utilizadas.

Tabela 14 Estações pluviométricas utilizadas.

Código	Estação	Entidade Operadora	Período	Latitude	Longitude
1548000	Brazlândia (Quadra 18)	ANA	1973-2014	-15,671100	-48,221900
1548006	Taguatinga - ETA RD	CAESB	1971-2018	-15,789722	-48,112777
1548007	ETA-Brazlândia	CAESB	1971-2018	-15,659166	-48,190555
1548008	Descoberto	CAESB	1978-2018	-15,779444	-48,230277
1548009	Jatobazinho	CAESB	1978-2009	-15,711100	-48,092500
1548013	Fazenda Santa Elisa	CAESB	1988-2009	-15,596700	-48,043100
1548020	Águas Lindas	ANA	1999-2018	-15,741388	-48,305555

As séries de dados de pluviometria das estações escolhidas apresentam apenas algumas falhas pontuais no levantamento de chuva diária, o que na sua maioria não compromete a validade de utilização dos dados para este estudo, pois para os cálculos são utilizados os totais mensais.

A pluviometria da região é caracterizada pela ocorrência bem definida de verões chuvosos e invernos secos. A estação chuvosa se inicia em outubro e termina em abril, representando cerca de 90% do total precipitado no ano. O trimestre mais chuvoso é o de novembro a janeiro. A estação seca vai de maio a setembro, sendo o trimestre de junho a agosto o mais seco, responsável por somente cerca de 2% do total anual precipitado.

O gráfico da Figura 22 apresenta o total precipitado anualmente na estação Brazlândia (Quadra 18), que compreende a precipitação na sub bacia do rio Descoberto, de 1973 a 2014. A média anual precipitada nessa estação é de 1383 mm. O maior índice pluviométrico anual registrado foi em 1981 com 2390 mm e o menor índice pluviométrico anual no ano de 1997 com 904 mm. Os anos de 1973, 2007 e 2014 foram excluídos do cálculo da média anual por apresentarem muitas falhas.

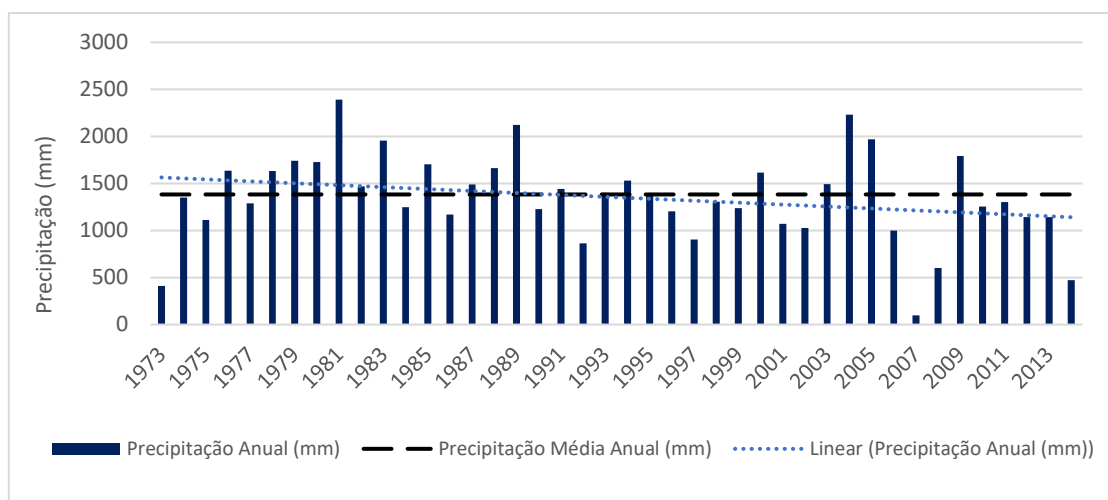


Figura 22. Total precipitado anualmente em mm na estação 01548000.

O gráfico da Figura 23 apresenta o total acumulado mensal de 1973 a 2014 da mesma estação. A média mensal precipitada é de 124,6 mm e de toda série histórica, o mês de dezembro de 1989 foi o que apresentou maior precipitação de 724 mm.

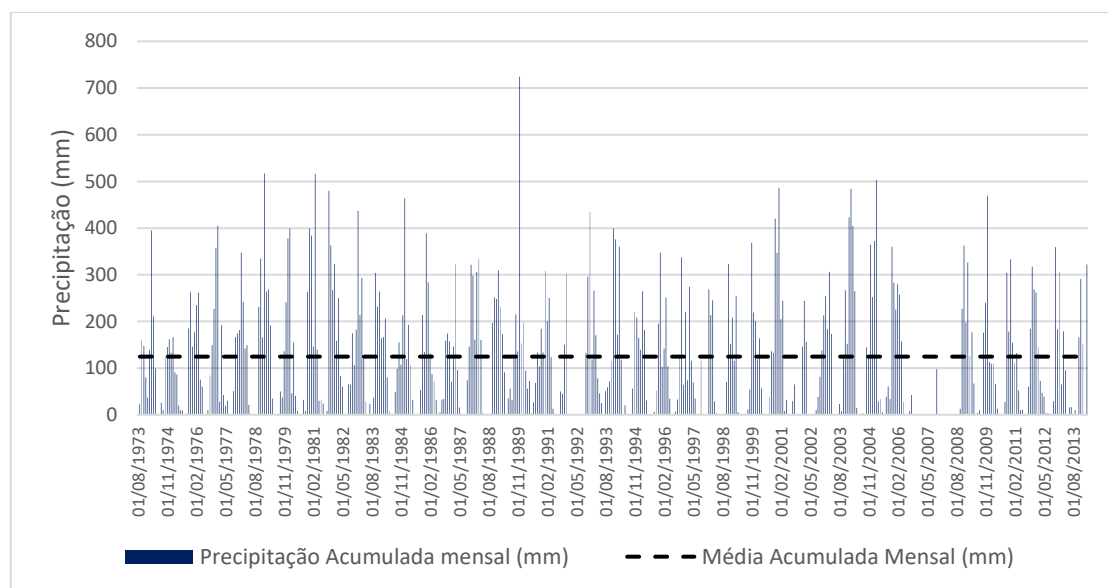


Figura 23. Total precipitado mensalmente em mm na estação 01548000.

Na análise de consistência dos dados de chuva da estação Brazlândia (Quadra 18) e, de todas as outras estações que seguem, foi aplicado o método de dupla massa a partir dos dados acumulados mensais da estação em comparação com os dados de três estações de apoio, Brasília (01547004), CPAC-Chapada (01547025) e CPAC-Principal (01547016). As estações possuem série de dados em comum de janeiro de 1978 a dezembro de 2015, portanto, a dupla massa foi aplicada nesse período. A linha tracejada vermelha indica a relação 1:1. O resultado

mostra que os dados de chuva da estação Brazlândia (Quadra 18) tem uma tendência linear com algumas falhas e possíveis erros sistemáticos sendo necessário um tratamento (Figura 24).

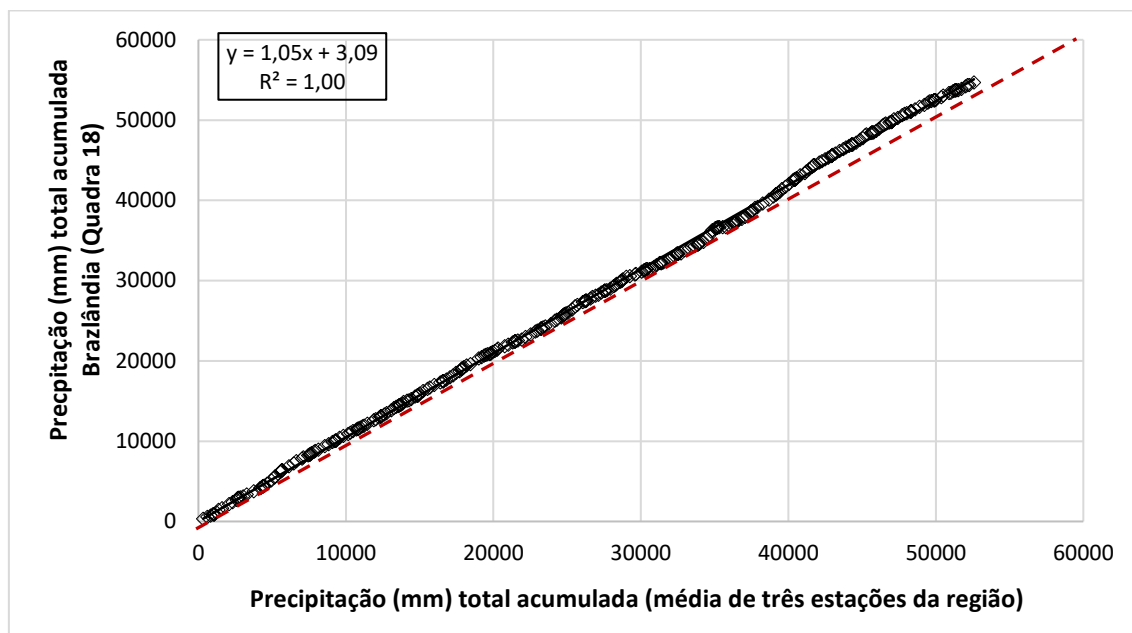


Figura 24. Método de dupla massa entre médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação Brazlândia (Quadra 18) 01548000.

O gráfico da Figura 25 apresenta o total precipitado anualmente na estação Taguatinga ETA-RD (01548006), que compreende a precipitação na sub bacia do Ribeirão das Pedras, de 1971 a 2018. A média anual precipitada nessa estação é de 1477,5 mm. O maior índice pluviométrico anual registrado foi em 1992 com 2059,7 mm e o menor índice pluviométrico anual no ano de 2007 com 1085,8 mm. O ano de 2018 foi excluído das médias por não apresentar o ano completo de dados.

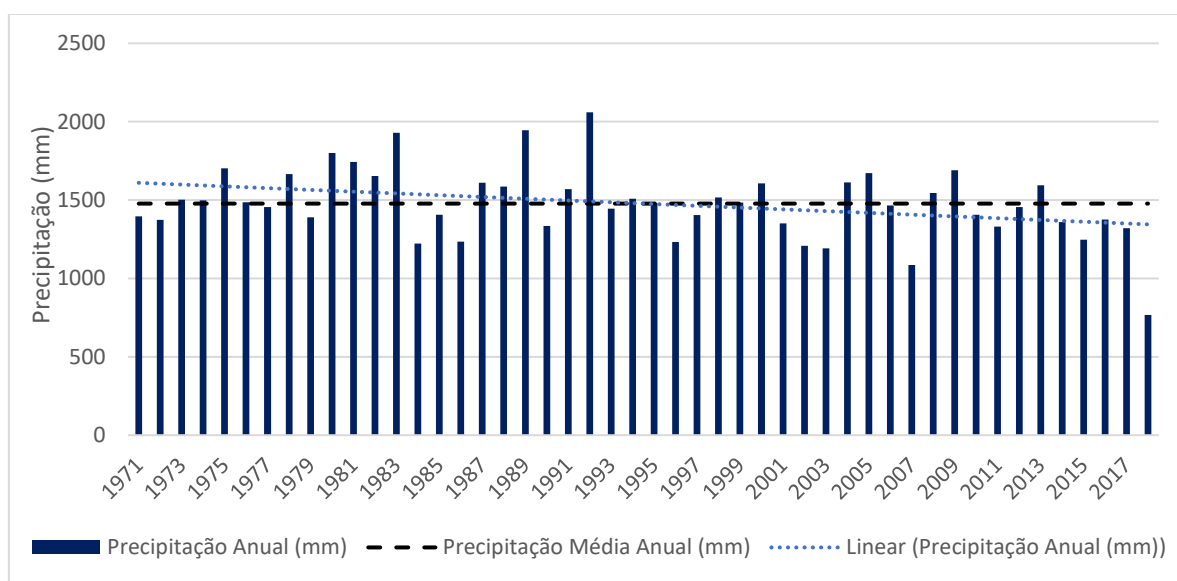


Figura 25. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548006.

O gráfico da Figura 26 apresenta o total acumulado mensal de 1971 a 2018 da mesma estação. A média mensal precipitada é de 125,5 mm. De toda série histórica o mês de dezembro de 1989 foi o que apresentou maior precipitação 565,2 mm.

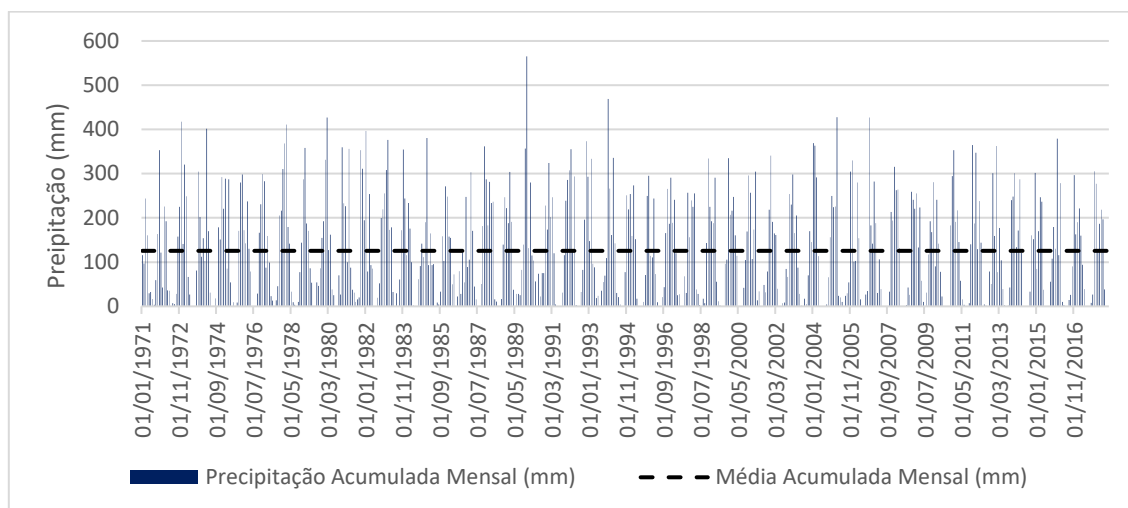


Figura 26. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548006.

Na análise de consistência dos dados de chuva da estação Taguatinga ETA-RD o resultado mostra que os dados tem uma tendência linear, mas existe um leve afastamento da linha 1:1 que pode indicar alteração nas condições de observação, falhas na série, erros sistemáticos ou possíveis mudanças nas condições climáticas regionais, pelo que a série precisa de tratamento ou estudos adicionais (Figura 27).

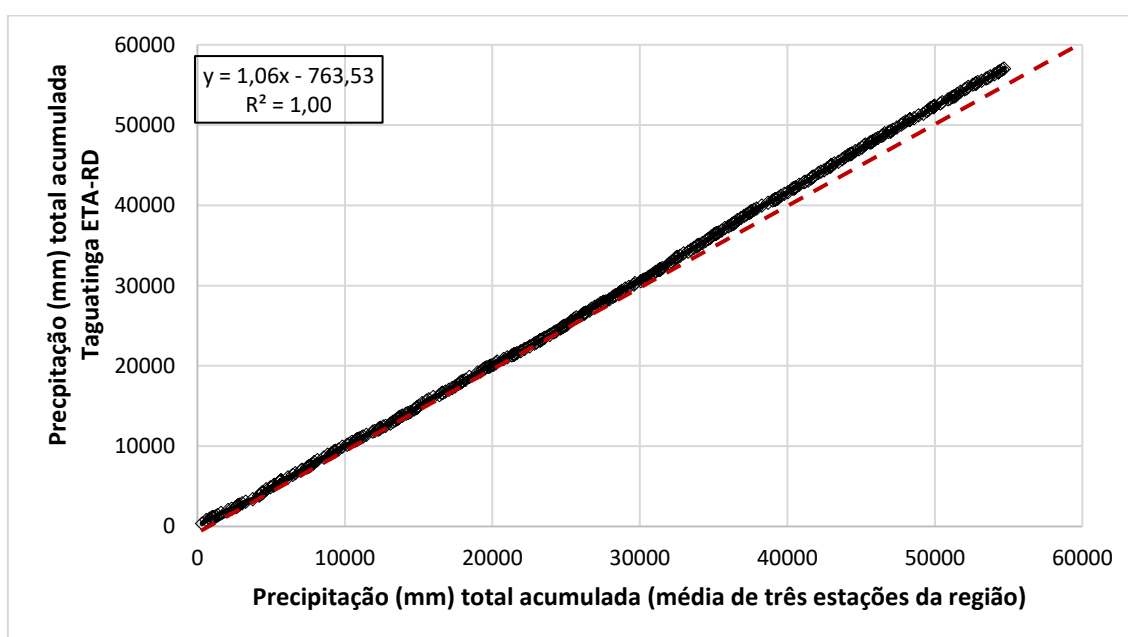


Figura 27. Método de dupla massa entre médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC-Principal (01547016) e a estação Taguatinga ETA-RD 01548006.

O gráfico da Figura 28 apresenta o total precipitado anualmente na estação ETA Brazlândia (01548007), que compreende a precipitação na sub bacia do Córrego Chapadinha, de 1971 a 2018. Percebe-se que a média anual precipitada nessa estação é de 1477 mm. O maior índice pluviométrico anual registrado foi em 1992 com 2256,5 mm e o menor índice pluviométrico anual no ano de 2007 com 1081,3 mm. O ano de 2018 foi excluído das médias por não apresentar o ano completo de dados. Também nessa estação houve falhas na coleta de dados nos anos de 1976 e 1977.

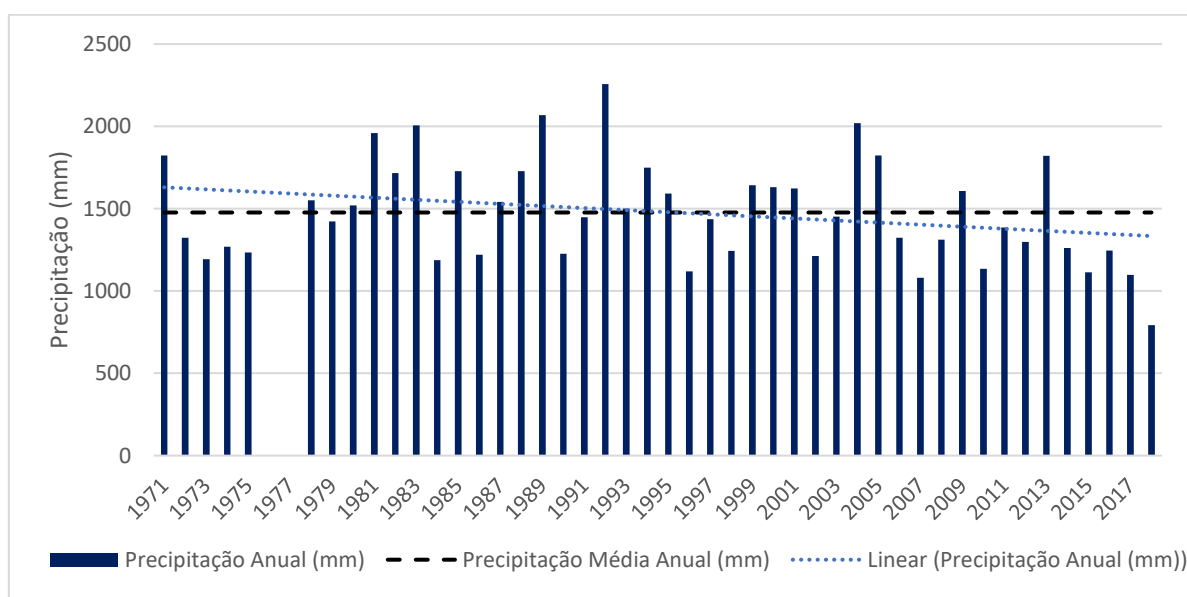


Figura 28. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548007.

O gráfico da Figura 29 apresenta o total acumulado mensal de 1971 a 2018 da mesma estação. Percebe-se que a média mensal precipitada é de 125,4 mm. De toda série histórica o mês de dezembro de 1989 foi o que apresentou maior precipitação 648 mm.

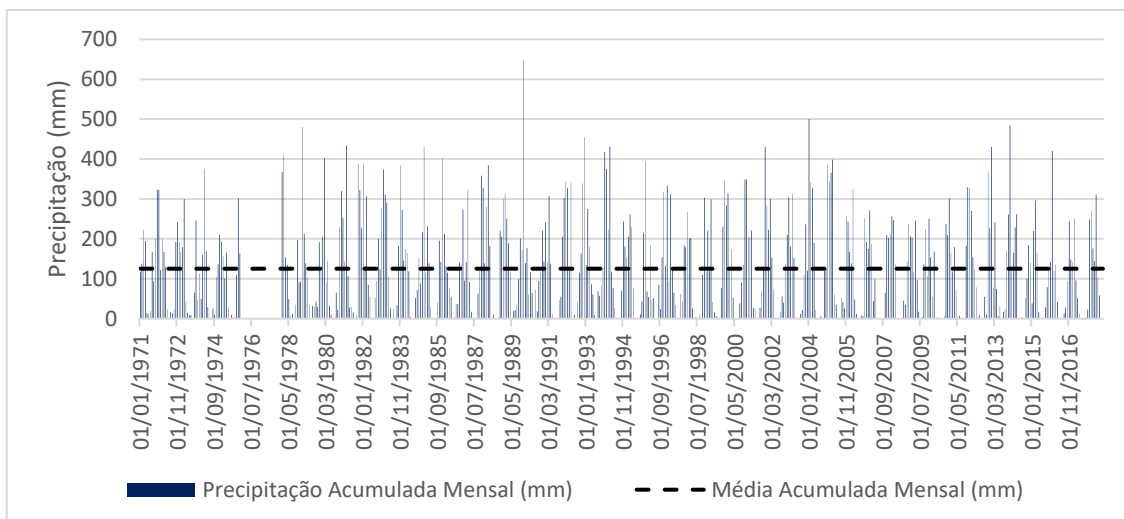


Figura 29. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548007.

Na análise de consistência dos dados de chuva da estação ETA Brazlândia o resultado mostra que os dados aparentemente são homogêneos com tendência linear, mas existe um leve afastamento da linha 1:1 que pode indicar alteração nas condições de observação, erros sistemáticos, falhas na série ou ainda possíveis mudanças nas condições climáticas regionais, pelo que a mesma precisa de tratamento e análises adicionais (Figura 30).

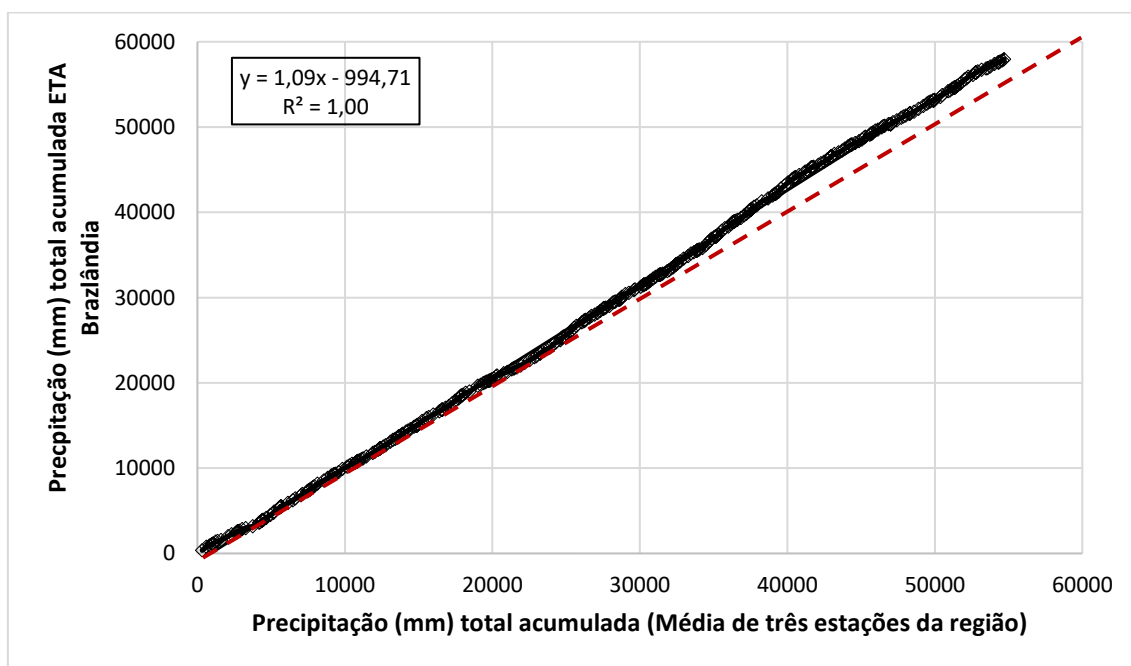


Figura 30. Método de dupla massa entre as médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação ETA Brazlândia 01548007.

O gráfico da Figura 31 apresenta o total precipitado anualmente na estação Descoberto (01548008), que compreende a precipitação na sub bacia do Alto rio Descoberto, de 1978 a 2018. Percebe-se que a média anual precipitada nessa estação é de 1406,7 mm. O maior índice

pluviométrico anual registrado foi em 1983 com 1866,6 mm e o menor índice pluviométrico anual no ano de 1996 com 1010mm. Os anos de 1978 e 2018 foram excluídos das médias por não apresentarem o ano completo de dados.

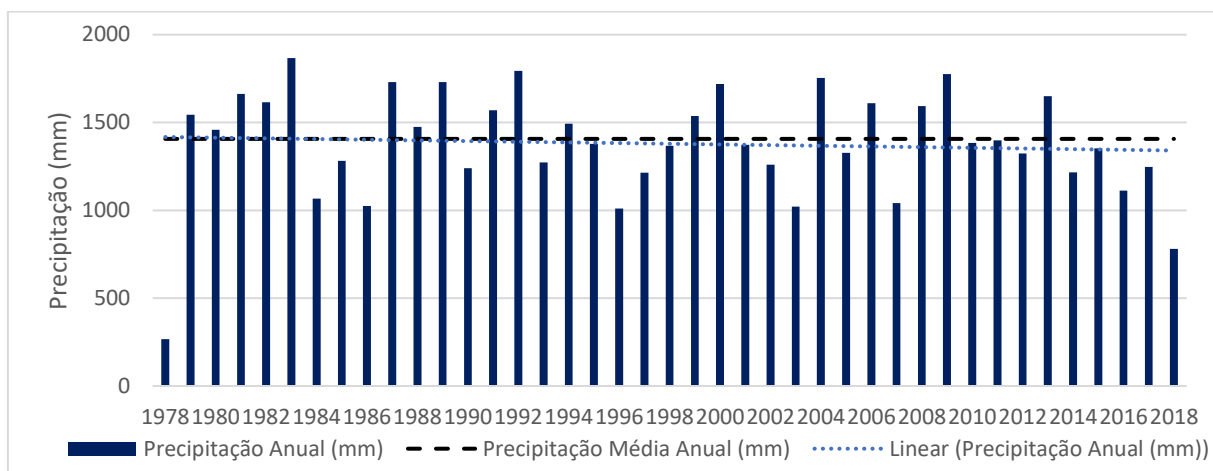


Figura 31. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548008.

O gráfico da Figura 32 apresenta o total acumulado mensal de 1978 a 2018 da mesma estação. Percebe-se que a média mensal precipitada é de 119,5 mm. De toda série histórica o mês de dezembro de 2010 foi o que apresentou maior precipitação 479,3 mm.

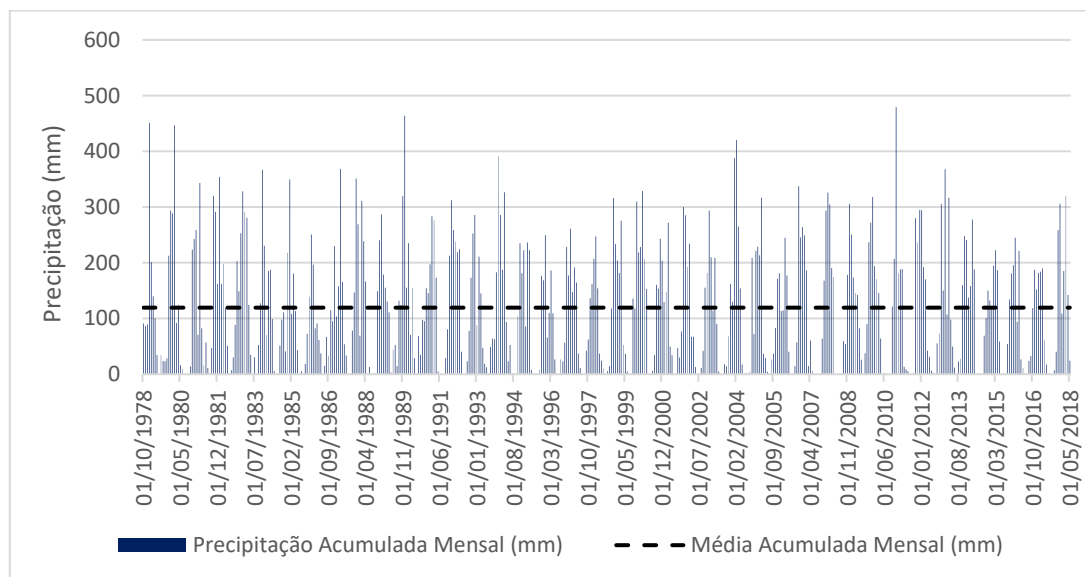


Figura 32. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548008.

Na análise de consistência dos dados de chuva da estação Descoberto o resultado mostra que os dados de chuva são consistentes e pertencentes à mesma região homogênea. A série apresenta algumas falhas que podem ser tratadas (Figura 33).

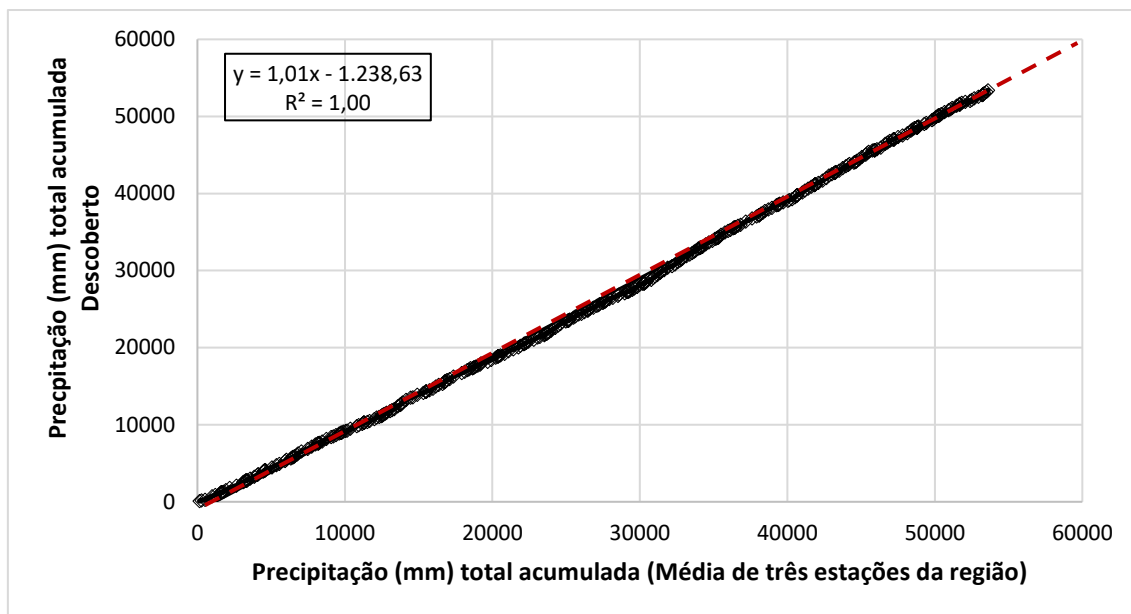


Figura 33. Método de dupla massa entre as médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação Descoberto 01548008.

O gráfico da Figura 34 apresenta o total precipitado anualmente na estação Jatobazinho (01548009), que compreende a precipitação na sub bacia do Ribeirão Rodeador, de 1978 a 2009. Percebe-se que a média anual precipitada nessa estação é de 1428,7 mm. O maior índice pluviométrico anual registrado foi em 1992 com 2109,0 mm e o menor índice pluviométrico anual no ano de 2002 com 995,9 mm. Os anos de 1978 e 2009 foram excluídos das médias por não apresentarem o ano completo de dados.

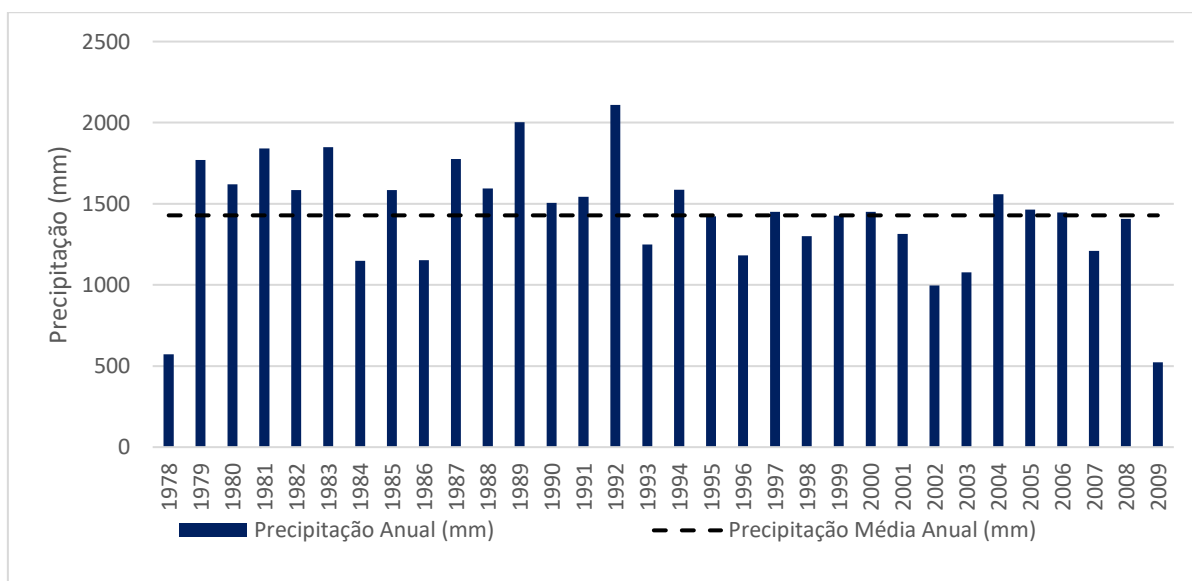


Figura 34. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548009.

O gráfico da Figura 35 apresenta o total acumulado mensal de 1978 a 2009 da mesma estação. Percebe-se que a média mensal precipitada é de 124,9 mm. De toda série histórica o mês de dezembro de 1989 foi o que apresentou maior precipitação 599,6 mm.

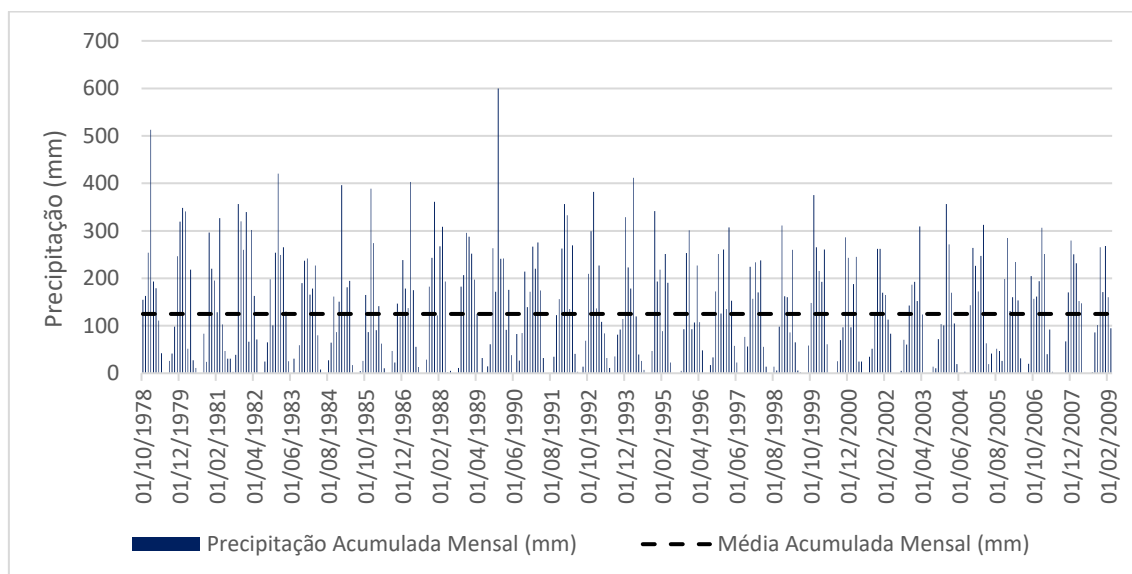


Figura 35. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548009.

Na análise de consistência dos dados de chuva da estação Jatobazinho o resultado mostra que os dados de chuva aparentemente são homogêneos com tendência linear, pertencentes à mesma região homogênea. A série apresenta algumas falhas que podem ser tratadas. (Figura 36).

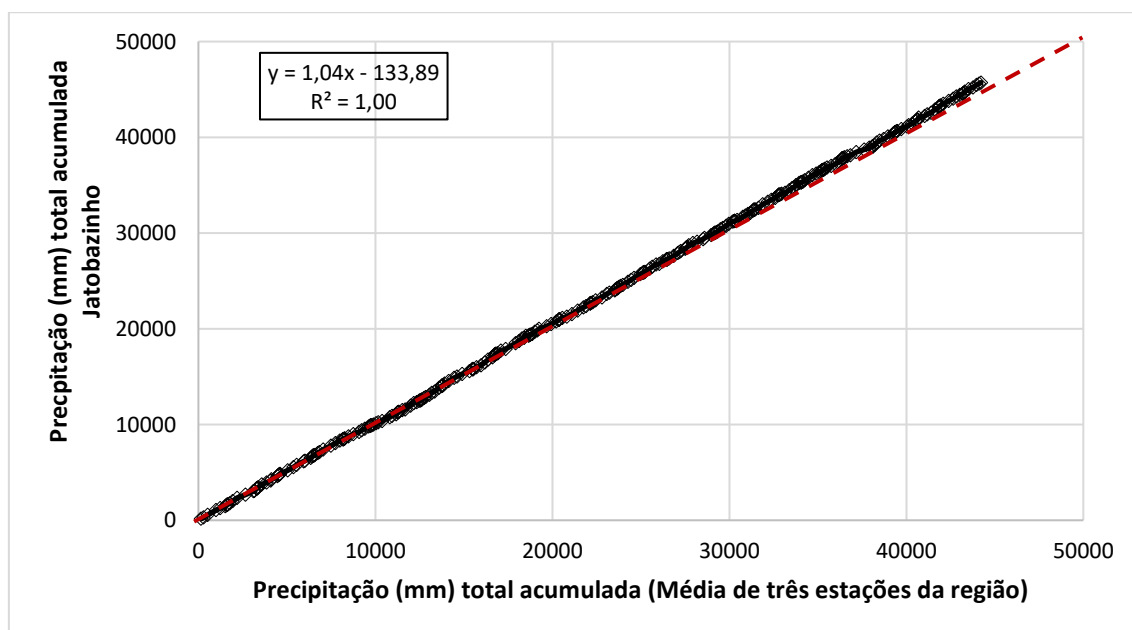


Figura 36. Método de dupla massa entre as médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação Jatobazinho 01548009.

O gráfico da Figura 37 apresenta o total precipitado anualmente na estação Fazenda Santa Elisa (01548013), que compreende a precipitação no entorno da sub bacia do Alto Rio Descoberto, de 1988 a 2009. Percebe-se que a média anual precipitada nessa estação é de 1427,0 mm. O maior índice pluviométrico anual registrado foi em 1989 com 2059,9 mm e o menor índice pluviométrico anual no ano de 1996 com 1060 mm. Os anos de 1988 e 2009 foram excluídos das médias por não apresentarem o ano completo de dados.

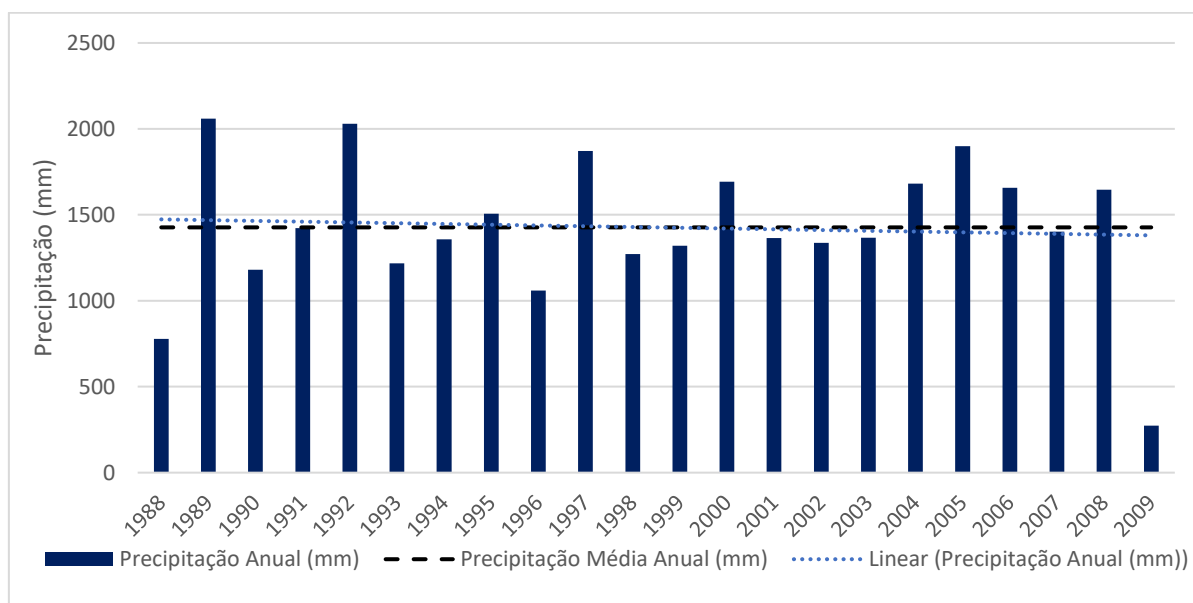


Figura 37. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548013.

O gráfico da Figura 38 apresenta o total acumulado mensal de 1988 a 2009 da mesma estação. Percebe-se que a média mensal precipitada é de 124,1 mm. De toda série histórica o mês de dezembro de 1989 foi o que apresentou maior precipitação 824,8 mm. Comparando esse valor, para o mesmo período, com o valor registrado pelas outras estações, observa-se que ele foi o maior seguido da estação Brazlândia (Quadra 18) que registrou 724 mm. Todas as outras estações registraram precipitação maior que 500 mm, portanto não se pode afirmar que esse valor seja um erro da série .

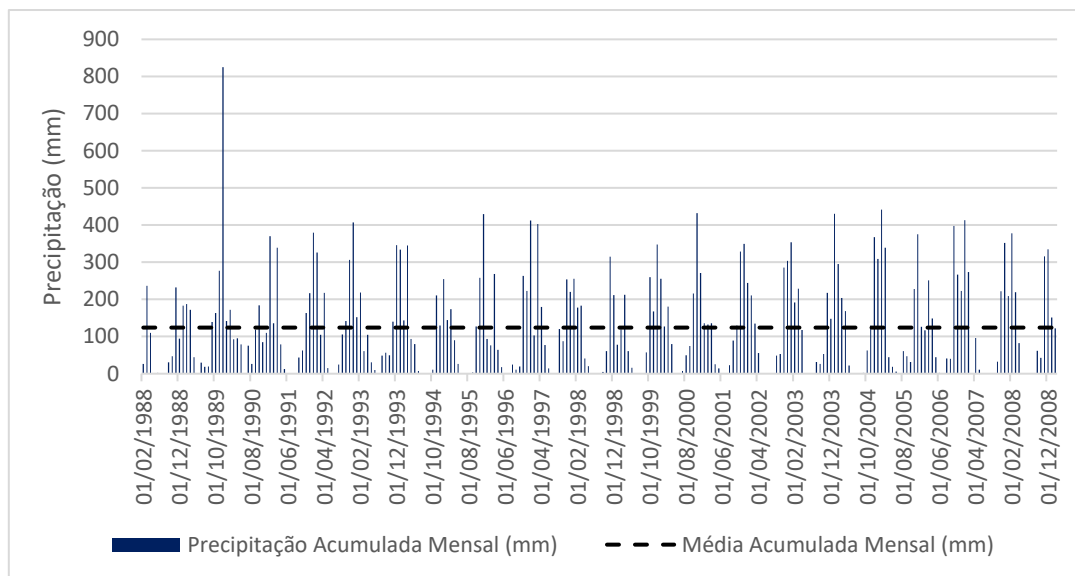


Figura 38. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548013.

Na análise de consistência dos dados de chuva da estação Fazenda Santa Elisa o resultado mostra que os dados (Figura 39) apontam algumas quebras, que podem ser referentes a falhas de séries que no presente estudo não foram preenchidas.

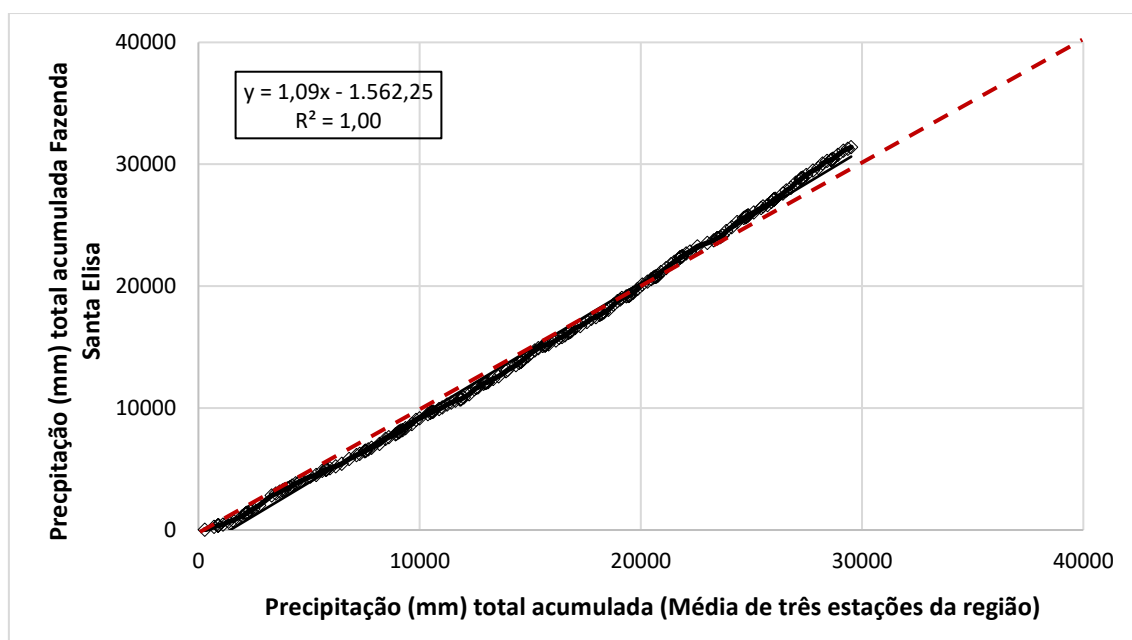


Figura 39. Método de dupla massa entre as médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação Fazenda Santa Elisa 01548013.

O gráfico da Figura 40 apresenta o total precipitado anualmente na estação Águas Lindas (01548020), que compreende a precipitação no entorno da sub bacia do Alto Rio Descoberto, de 1999 a 2018. Percebe-se que a média anual precipitada nessa estação é de 1577,9 mm. O

maior índice pluviométrico anual registrado foi em 2004 com 1912,9 mm e o menor índice pluviométrico anual no ano de 2007 com 1247,3 mm. Os anos de 1999 e 2018 foram excluídos das médias por não apresentarem o ano completo de dados.

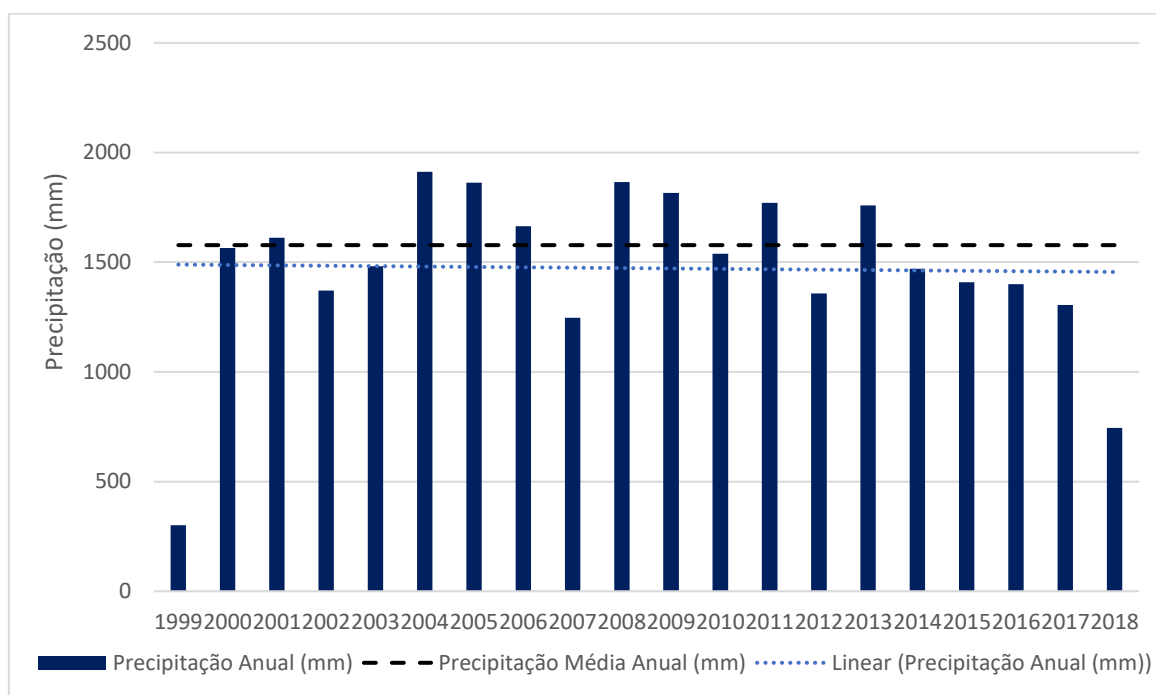


Figura 40. Total Precipitado Anualmente em mm na estação 01548020.

O gráfico da Figura 41 apresenta o total acumulado mensal de 1999 a 2018 da mesma estação. Percebe-se que a média mensal precipitada é de 134,5 mm. De toda série histórica o mês de janeiro de 2004 foi o que apresentou maior precipitação 578,8 mm.

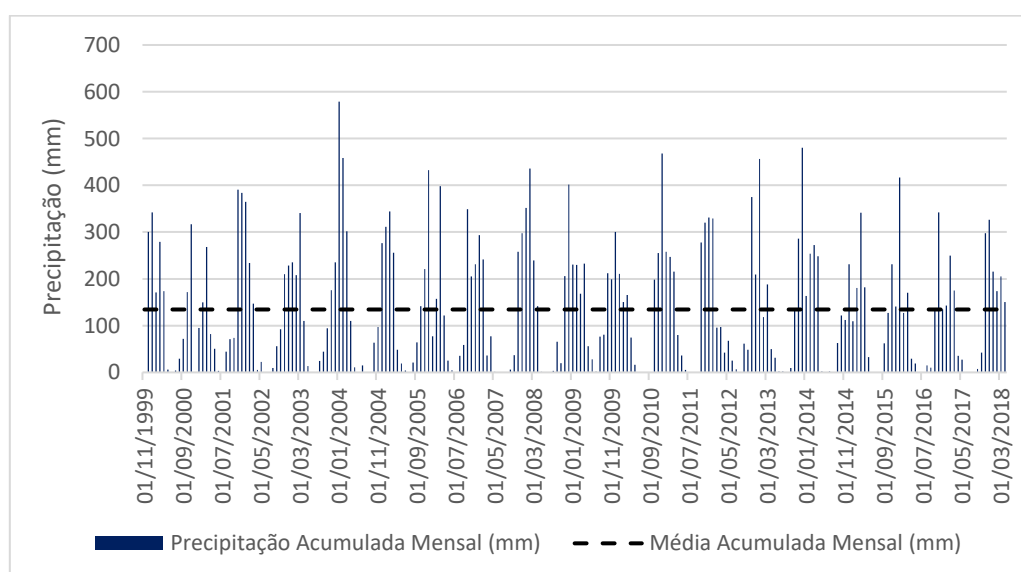


Figura 41. Total Precipitado Mensalmente em mm na estação 01548020.

Na análise de consistência dos dados de chuva da estação Águas Lindas o resultado mostra que apesar dos dados apresentarem uma tendência linear, eles podem pertencer a outra região homogênea já que não apresenta uma relação 1:1 com as médias das estações da região. (Figura 42).

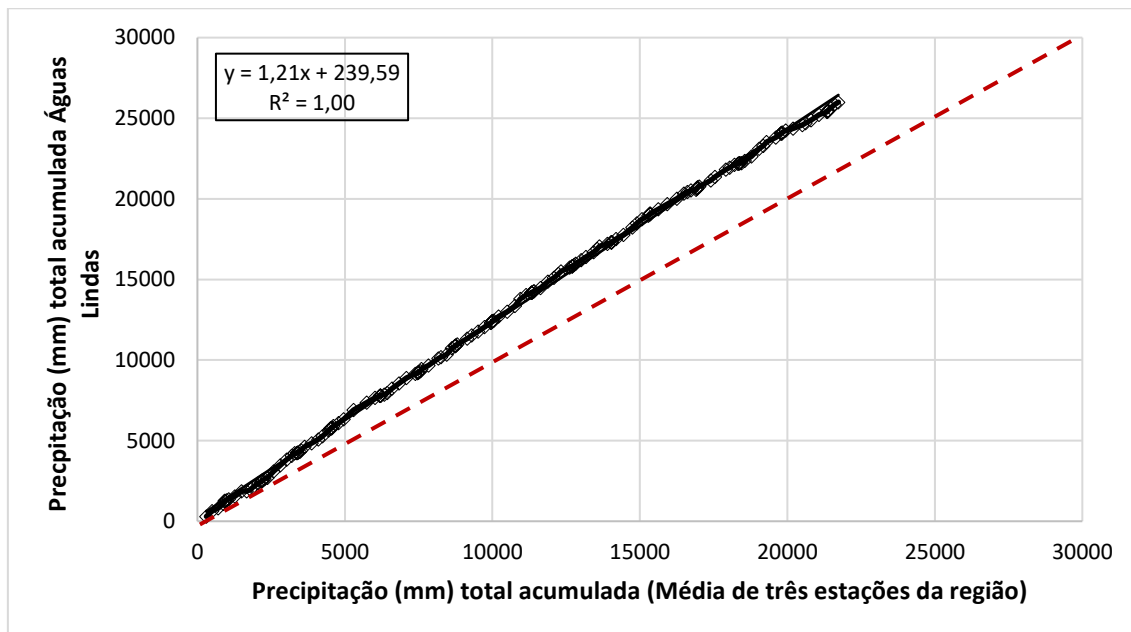
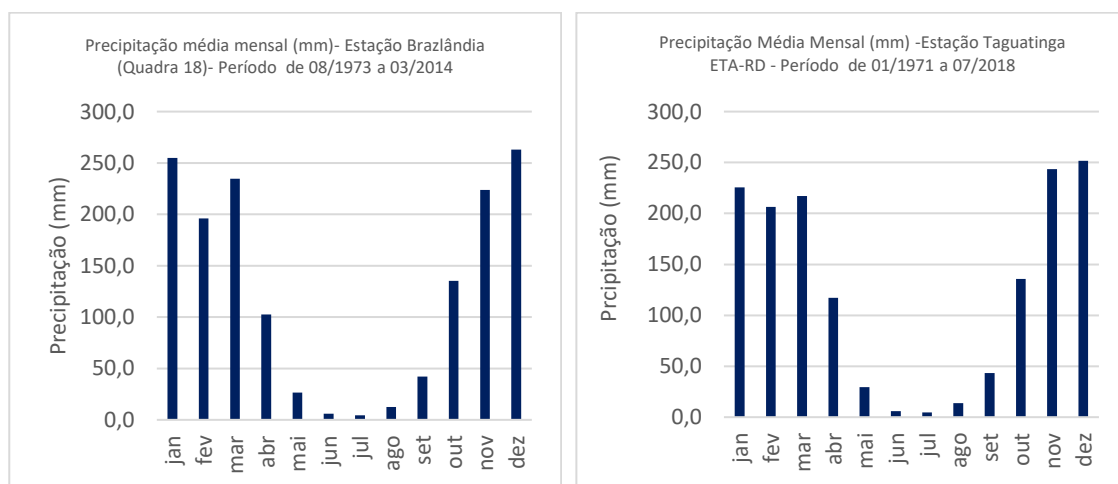


Figura 42. Método de dupla massa entre as médias das estações Brasília (01547004), CPAC- Chapada (01547025) e CPAC- Principal (01547016) e a estação Águas Lindas 01548020.

Por fim, é apresentada a precipitação média mensal nas estações estudadas (Figura 43). Observa-se que, corroborando com o que foi dito anteriormente sobre a região, os meses mais chuvosos são os meses de novembro, dezembro e janeiro e os mais secos os de junho, julho e agosto. Também pelo gráfico fica evidenciado a ocorrência de verões chuvosos e invernos secos.



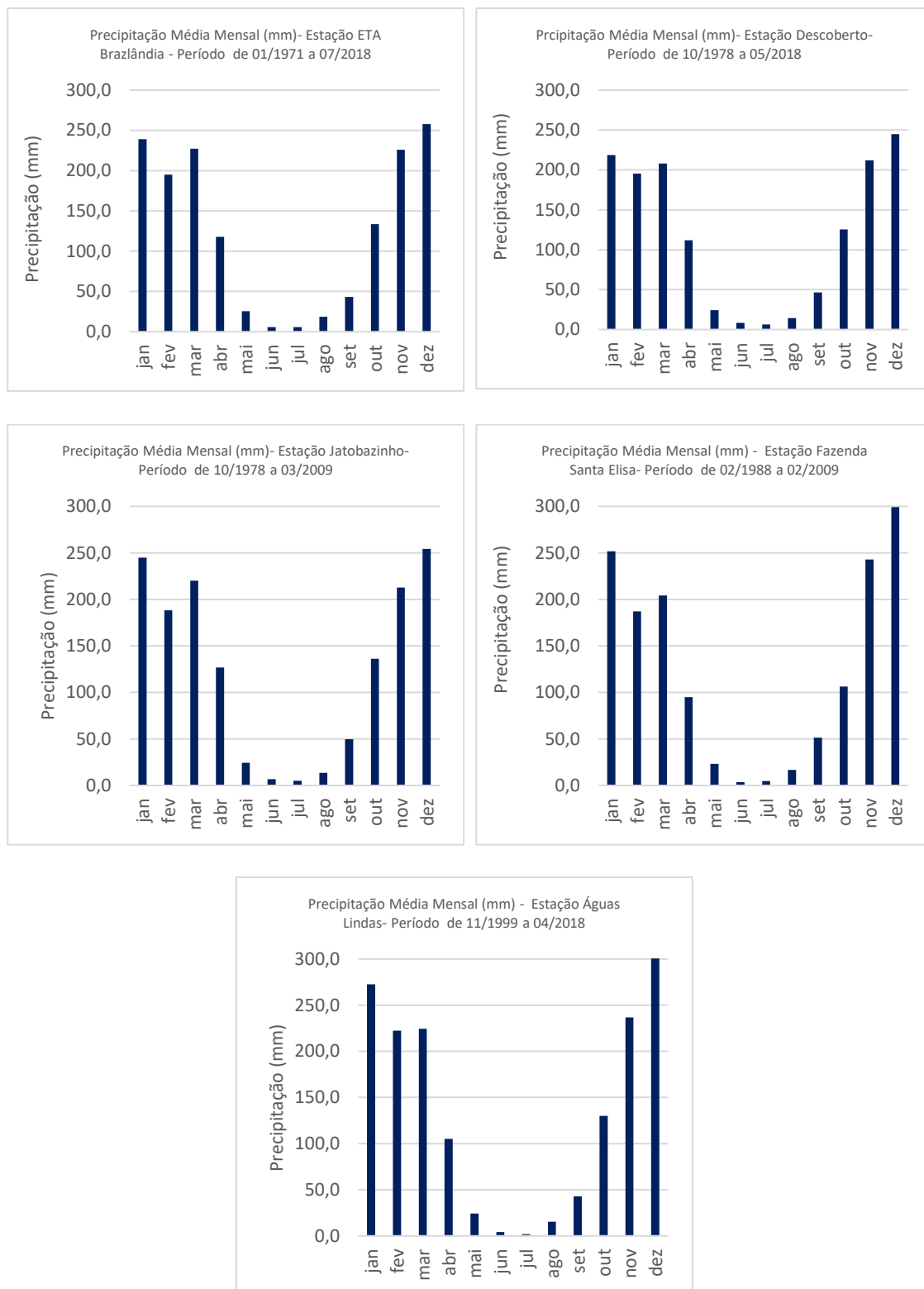


Figura 43. Precipitação média mensal em mm, nas estações em estudo.

A Tabela 15, abaixo, sintetiza os valores encontrados para precipitação média anual e média mensal nas estações apresentadas. Nota-se que os valores encontrados estão muito próximos, evidenciando que a precipitação é homogênea nas sub bacias em estudo. Apenas a estação

Águas Lindas, no entorno da sub bacia do Alto Rio Descoberto, apresentou um valor um pouco maior para médias anual e mensal de precipitação.

Tabela 15 Síntese das precipitações médias nas estações em estudo.

Estação	Sub Bacia	Média Precipitada Anual (mm)	Média Precipitada Mensal (mm)	Média Precipitada no Período Chuvoso (mm)	Média Precipitada no Período Seco (mm)
Brazlândia	Sub bacia do Rio Descoberto	1383,0	124,6	201,5	18,4
Taguatinga ETA RD	Ribeirão das Pedras	1477,5	125,5	199,5	19,4
ETA Brazlândia	Córrego Chapadinha	1477,0	125,4	199,4	19,7
Descoberto	Sub Bacia do Alto Rio Descoberto	1406,7	119,5	188,0	19,9
Jatobazinho	Ribeirão Rodeador	1428,7	124,9	197,5	19,9
Fazenda Santa Elisa	Entorno da Sub Bacia do Alto Rio Descoberto	1427,0	124,1	198,0	20,0
Águas Lindas	Entorno da Sub Bacia do Alto Rio Descoberto	1577,9	134,5	213,1	17,7

A precipitação anual média fica em torno de 1500 mm e a precipitação média mensal se caracteriza por apresentar grande variação em relação ao volume precipitado durante os meses do ano. Por esse fenômeno, essas regiões são classificadas como tendo duas estações bem definidas, as estações seca e úmida, como foi observado nas análises das estações apresentadas acima.

De acordo, com os gráficos da Figura 43 e corroborando com os estudos de Cardoso (2014) os meses considerados secos são maio, junho, julho, agosto e setembro totalizando 5 meses de período seco. Sendo os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro os meses representantes da estação úmida, caracterizando a duração do período úmido em 7 meses.

De posse dos dados médios mensais de precipitação das estações criou-se os mapas de pluviosidade das estações seca e chuvosa da área de estudo. Esses mapas mostram que a precipitação na região é homogênea com pequena variação entre os postos pluviométricos conforme mostram a Figura 44 e Figura 45 .

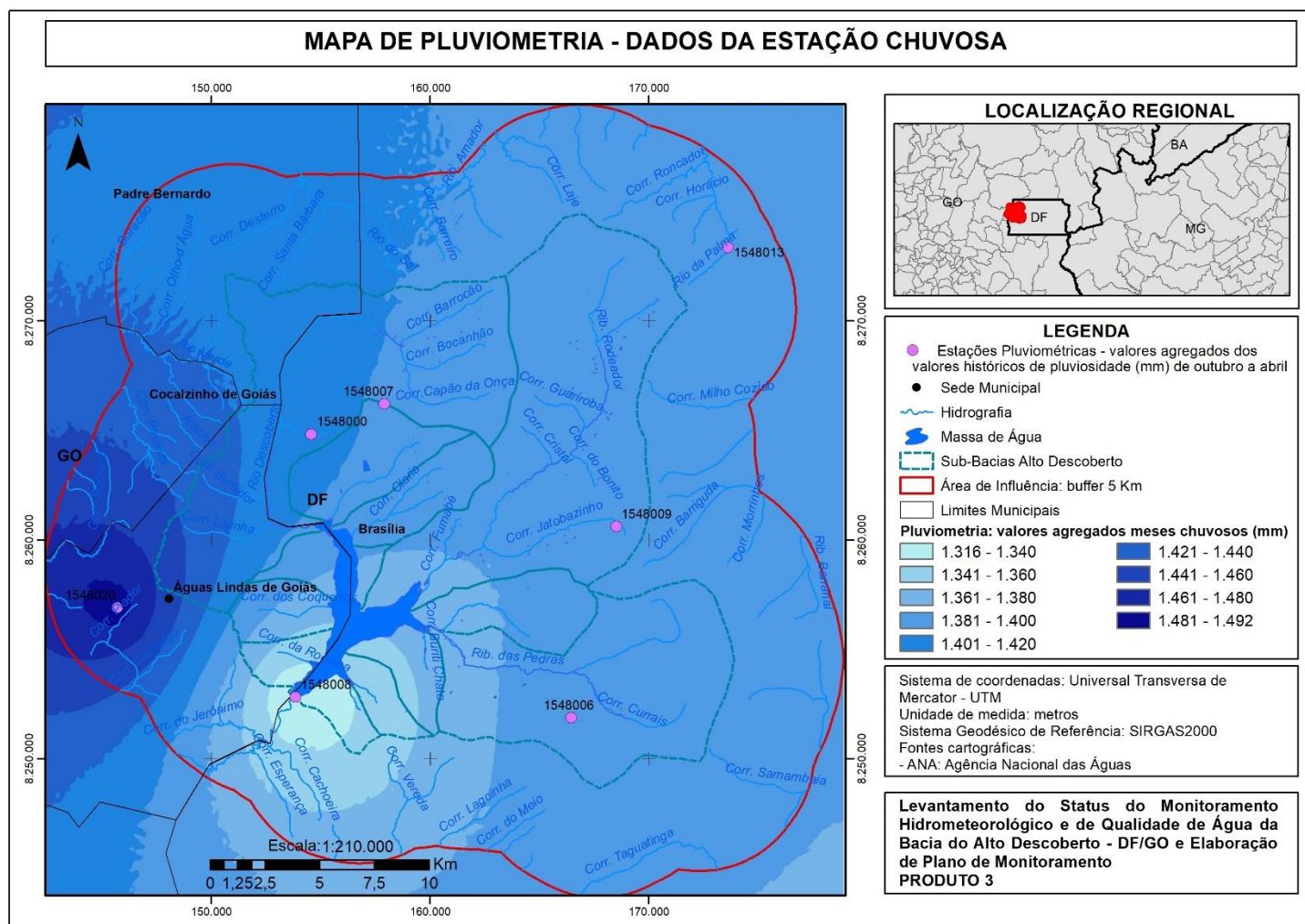


Figura 44. Mapa das Estações Pluviométricas- Dados da estação Chuvosa.

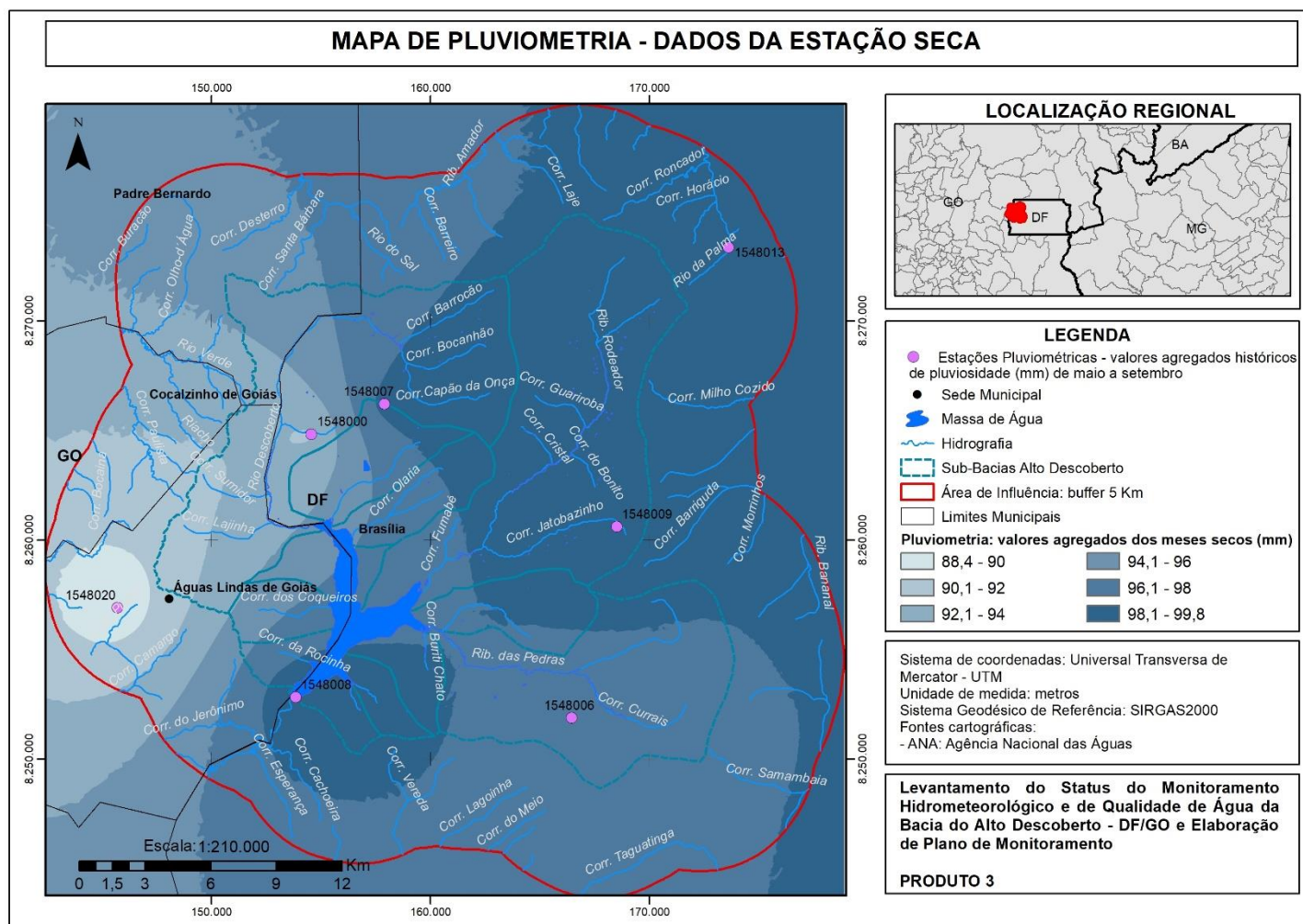


Figura 45. Mapa das Estações Pluviométricas- Dados da estação Seca.

2.7.2. Fluviometria

A Tabela 16 apresenta as informações sobre a localização e período de operação das estações utilizadas.

Tabela 16 Estações Fluviométricas Utilizadas

Código	Estação	Entidade Operadora	Período	Latitude	Longitude
60435000	Descoberto- Chacara 89	CAESB	1978-2018	-15,707500	-48,234722
60435100	Chapadinha- Aviário- DF 180	CAESB	1978-2018	-15,699444	-48,211666
60435150	Olaria - DF 080	CAESB	1985-2018	-15,708611	-48,199444
60435200	Rodeador - DF 435	CAESB	1978-2018	-15,725000	-48,168333
60435300	Capão Comprido - Descoberto	CAESB	1978-2018	-15,746111	-48,163055
60435400	Ribeirão das Pedras (DF-180)	CAESB	1978-2018	-15,760833	-48,160000
60436000	Descoberto - Jusante Barragem	CAESB	1978-2017	-15,778888	-48,233055

A Tabela 17 apresenta as áreas das sub-bacias de cada tributário do lago e a área total da bacia do Alto Descoberto.

Tabela 17. Relação de Áreas- Bacia Alto Descoberto.

Estação	Área até a estação (km²)	Área até a foz (km²)
Descoberto- Chácara 89	113,88	117,12
Chapadinha- Aviário- DF 180	20,27	23,15
Olaria - DF 080	12,37	18,08
Rodeador - DF 435	113,01	116,81
Capão Comprido – Descoberto	15,61	18,84
Ribeirão das Pedras (DF-180)	73,62	81,08
Áreas Não Monitoradas	-	75,56
Área Total da Bacia		450,54

Com a série de vazões diárias de cada estação foi feito um gráfico de vazões médias anuais (Figura 46) e outro de vazões médias mensais (Figura 47).

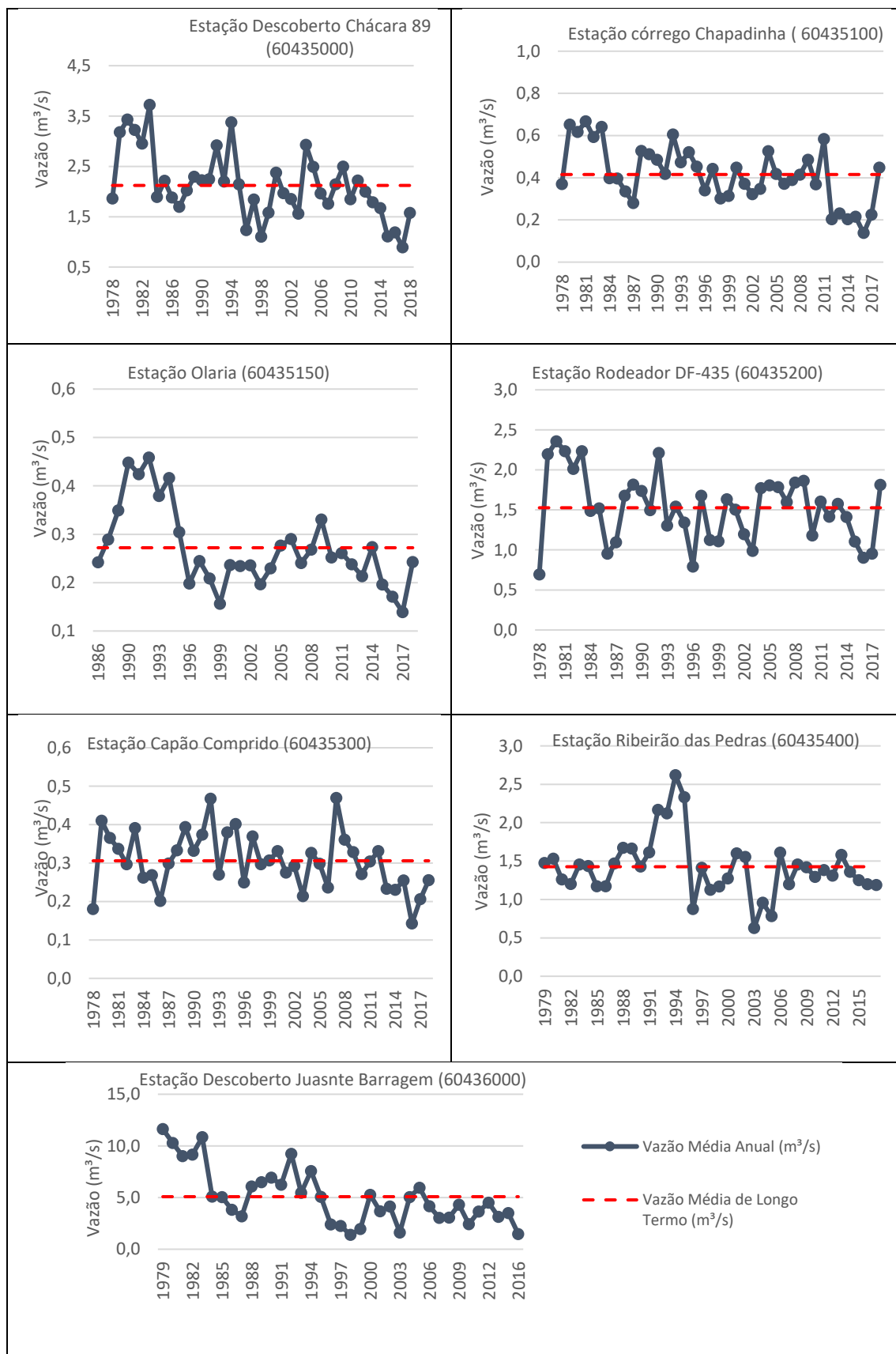


Figura 46. Vazão média anual em m^3/s nas estações em estudo.

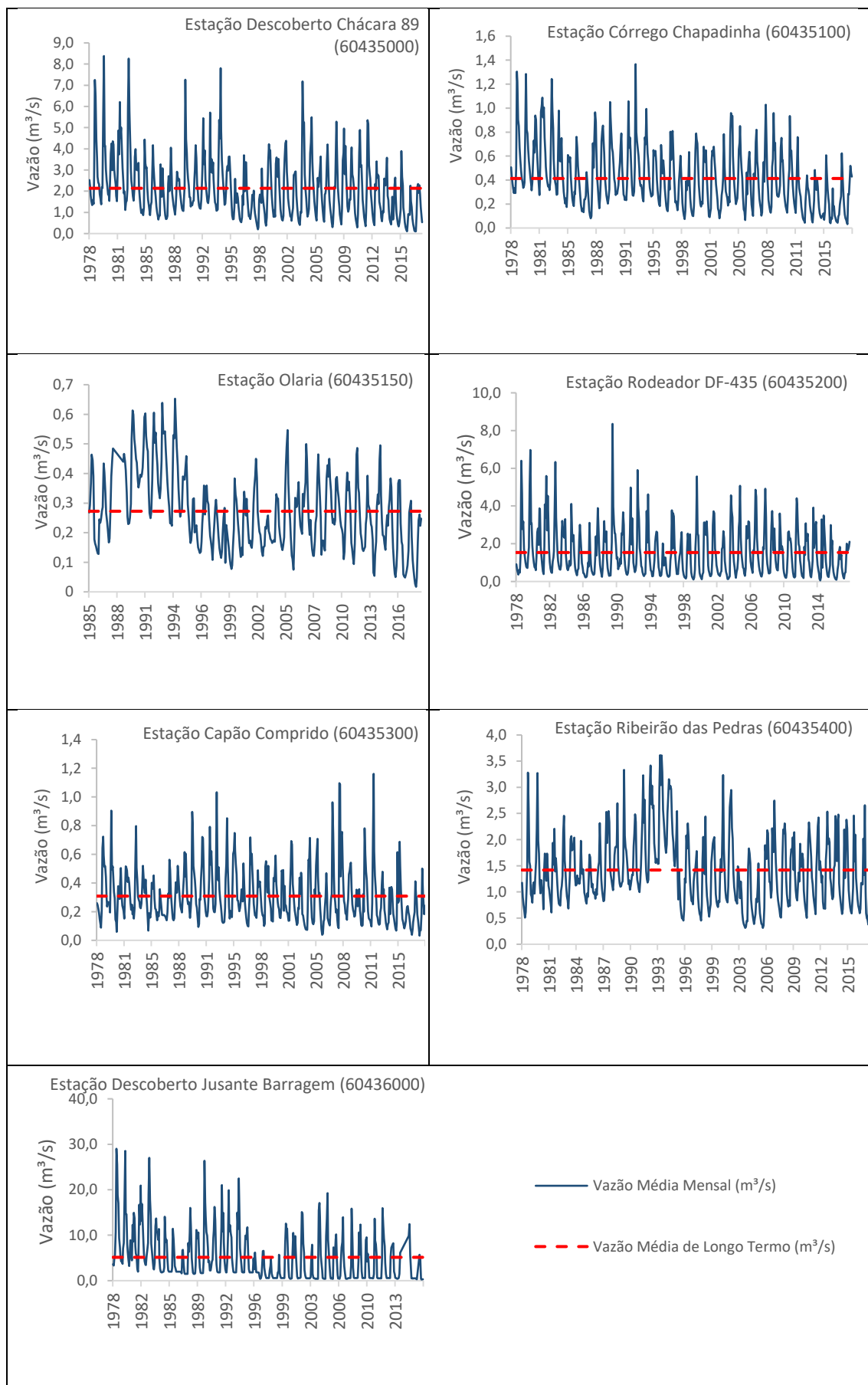


Figura 47. Histórico de vazão média mensal em m^3/s nas estações em estudo.

Na Tabela 18 são apresentados os principais valores retirados dos gráficos das Figuras 46 e 47.

Tabela 18. Variação da vazão superficial para as estações fluviométricas.

Código	Estações	Sub Bacia	Vazão (m³/s) Média Anual Máxima da série histórica	Vazão (m³/s) Média Anual Mínima da série histórica	Vazão (m³/s) Média Máxima Mensal da série histórica	Vazão (m³/s) Média Mínima Mensal da série histórica	Vazão Média de Longo Termo (Q _{MLT})	
							m³/s	l/s.km²
60435000	Descoberto Chác. 89	Rio Descoberto a mont. do Lago Descoberto	3,72	0,89	8,38	0,10	2,14	18,79
60435100	Chapadinha- Aviário	Córrego Chapadinha	0,67	0,14	1,37	0,03	0,42	20,72
60435150	Olaria	Córrego Olaria	0,46	0,14	0,65	0,02	0,27	21,83
60435200	Rodeador	Ribeirão Rodeador	2,36	0,79	8,35	0,06	1,53	13,45
60435300	Capão Comprido	Córrego Capão Comprido	0,47	0,14	1,16	0,03	0,31	19,86
60435400	Rio Das Pedras DF- 180	Ribeirão das Pedras	2,62	0,63	3,61	0,31	1,43	19,42
60436000	Descoberto Jusante	Rio Descoberto	11,63	1,39	29,02	0,25	5,09	11,78

No gráfico da Figura 48 é apresentado as vazões médias mensais das estações em estudo. Percebe-se que os meses de maio a outubro apresentam as menores vazões, sendo a menor média no mês de setembro, com exceção da estação Descoberto Jusante Barragem, que apresenta menor média no mês de agosto. As vazões de cheia ocorrem nos meses de novembro a abril com pico em janeiro, para as estações Descoberto Chácara 89 e Rodeador DF-435, em fevereiro para estação Córrego Chapadinha e março para as estações Olaria, Capão Comprido, Ribeirão das Pedras e Descoberto Jusante Barragem.

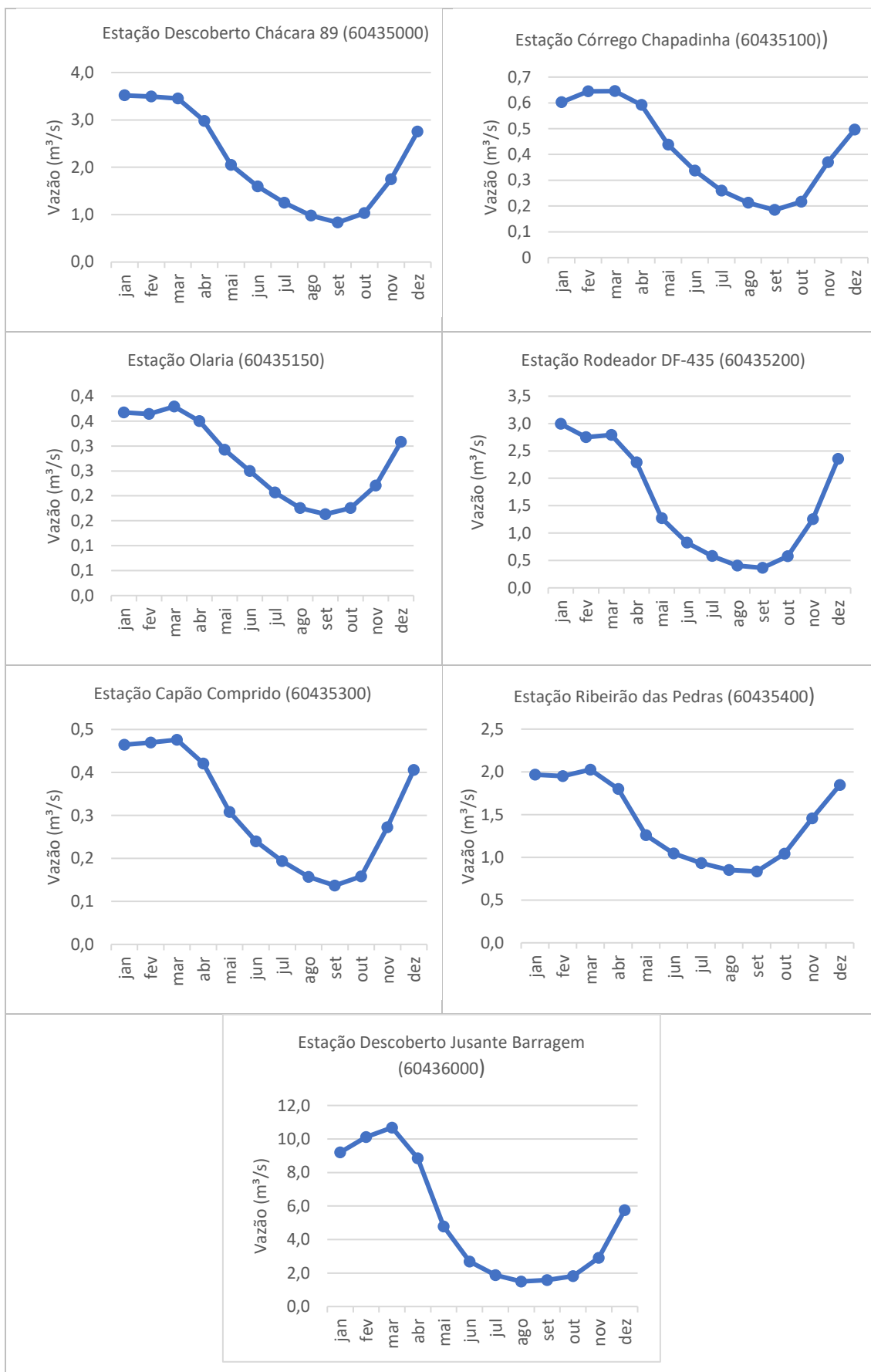
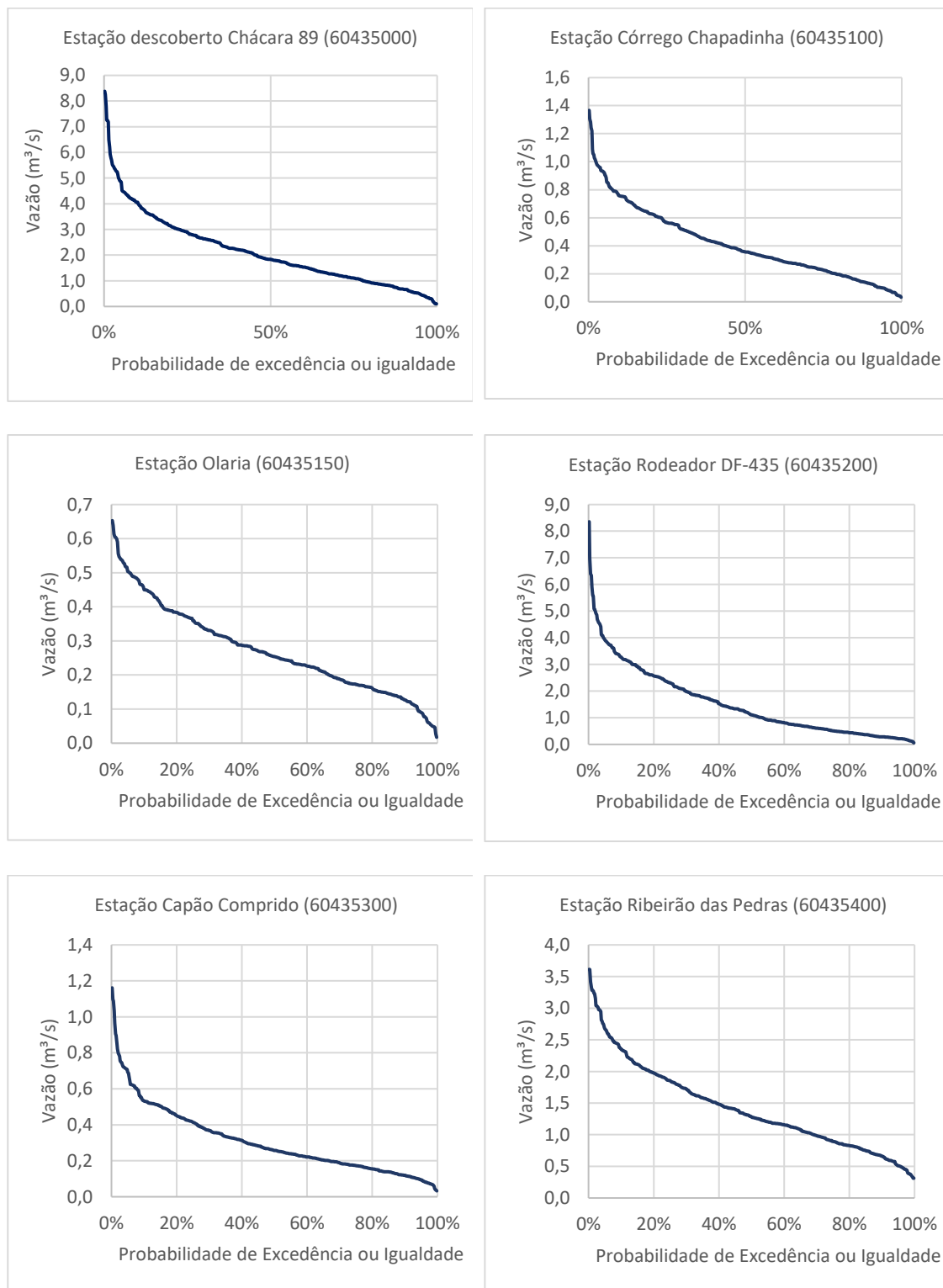


Figura 48. Vazão média mensal em m³/s nas estações em estudo.

A curva de permanência das estações em estudo, construída a partir dos dados de vazão média mensal (do período de dados disponíveis apresentados na Tabela 15), é apresentada nos gráficos da Figura 49.



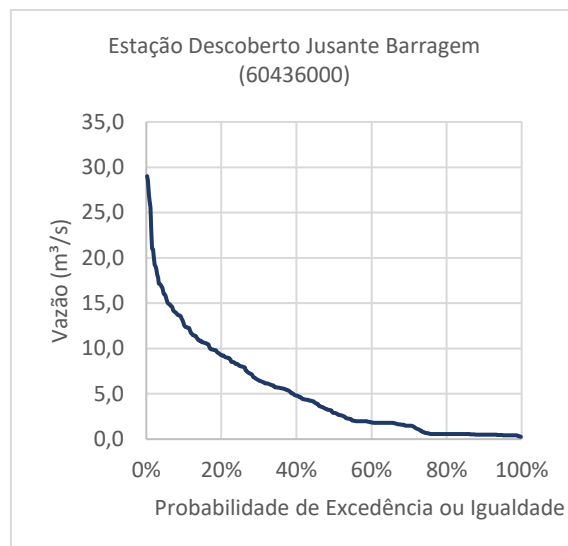


Figura 49. Curva de permanência de vazão nas estações em estudo.

Os valores de Q_{50} , Q_{90} , Q_{95} e Q_{98} retirados da curva e o valor de vazão mínima de dez anos de tempo de retorno e sete dias de duração ($Q_{7,10}$) calculada para as estações em estudo são apresentados na Tabela 19. A vazão mínima ($Q_{7,10}$) não foi calculada para a estação Descoberto Jusante Barragem pelo fato de essa estação não medir as vazões naturais do rio e sim as vazões a jusante da barragem.

Tabela 19. Parâmetros de vazão superficial para as estações fluviométricas.

Código	Estações	Sub Bacia	Vazão Mínima ($Q_{7,10}$)		Vazão (m^3/s) para diversos tempos de Permanência (%)			
			m^3/s	$l/s.km^2$	50	90	95	98
60435000	Descoberto Chác. 89	Rio Descoberto a mont. do Lago Descoberto	0,11	0,97	1,83	0,67	0,47	0,30
60435100	Chapadinha-Aviário	Córrego Chapadinha	0,02	0,99	0,36	0,13	0,09	0,06
60435150	Olaria	Córrego Olaria	0,03	2,43	0,25	0,13	0,09	0,05
60435200	Rodeador	Ribeirão Rodeador	0,08	0,71	1,10	0,29	0,22	0,16
60435300	Capão Comprido	Córrego Capão Comprido	0,03	1,92	0,26	0,12	0,09	0,07
60435400	Rio Das Pedras DF-180	Ribeirão das Pedras	0,29	3,94	1,27	0,66	0,51	0,39
60436000	Descoberto Jusante	Rio Descoberto	-	-	2,90	0,5	0,44	0,43

A fim de validar os estudos realizados foi efetuado uma busca de bibliografias e estudos realizados para região, chegando ao relatório do Plano de Manejo APA Bacia do Rio Descoberto. Neste relatório, desenvolvido em 2014, foi realizado um diagnóstico da APA Bacia Do Rio Descoberto contendo uma análise dos recursos hídricos inseridos nessa região.

Os valores médios de vazão encontrados para as sub bacias em estudo são apresentados na Tabela 20, o período de análise dos dados foi de janeiro de 1978 a janeiro de 2012. Pode-se observar que os valores de vazão média identificados no estudo estão próximos aos valores apresentados neste relatório. A diferença nos resultados deve-se ao fato de que no presente relatório as análises foram feitas para um período de dados maior (até meados de 2018).

Tabela 20. Parâmetros de vazão superficial para as sub bacias da APA Bacia do Rio Descoberto. (Fonte: MMA, 2014)

Sub Bacia	Período Analisado	Vazão Média de Longo Termo (m³/s)
Rio Descoberto a mont. do Lago Descoberto	jan-1978-jan-2012	2,36
Córrego Chapadinha	jan-1978-jan-2012	0,45
Córrego Olaria	jan-1978-jan-2006	0,31
Ribeirão Rodeador	jan-1978-jan-2012	1,79
Córrego Capão Comprido	jan-1978-jan-2012	0,32
Ribeirão das Pedras	jan-1978-jan-2012	1,60

2.7.3. Resultados estatísticos pluviométricos e fluviométricos

2.7.3.1. Mann Whitney para séries de precipitação e vazão

As amostras, tanto de precipitação quanto vazão, geradas apresentaram assimetria positiva, de forma que o teste “U” pode ser aplicado. Admitindo-se erro do tipo I ($\cong 5\%$), a hipótese nula pôde ser rejeitada, indicando não homogeneidade na série de vazões e precipitações analisadas.

A Tabela 21, abaixo, apresenta o resultado do teste de Mann-Whitney aplicado para as séries pluviométricas e fluviométricas. O teste mostrou a homogeneidade das sub-bacias no que tange a estacionariedade de vazões e precipitação, visto que, todas as séries rejeitaram a hipótese H0 de estacionariedade. Sendo assim, é possível concluir que as vazões e precipitações diárias na sub-bacia do Alto Rio Descoberto são não estacionárias, ou seja, possuem flutuação periódica (sazonalidade).

Tabela 21. Resultados do teste de hipótese não paramétrico- vazões e precipitações diárias.

Estação	T	Z _{0,975}	Resultado
Descoberto Chácara 89 (60435000)	-134,26	1,96	Rejeita H0
Chapadinha Aviário DF-180 (60435100)	-142,96	1,96	Rejeita H0
Olaria DF 080 (60435150)	-126,61	1,96	Rejeita H0
Rodeador DF 435 (60435200)	-117,33	1,96	Rejeita H0
Capão Comprido Descoberto (60435300)	-128,53	1,96	Rejeita H0
Ribeirão das Pedras DF 180 (60435400)	-135,91	1,96	Rejeita H0
Descoberto Jusante Barragem (60436000)	-174,16	1,96	Rejeita H0
Brazlândia (Quadra 18) (01548000)	-129,40	1,96	Rejeita H0
Taguatinga ETA RD (01548006)	-123,21	1,96	Rejeita H0
ETA Brazlândia (01548007)	-135,55	1,96	Rejeita H0
Descoberto (01548008)	-109,10	1,96	Rejeita H0
Jatobazinho (01548009)	-96,75	1,96	Rejeita H0
Fazenda Santa Elisa (01548013)	-76,38	1,96	Rejeita H0
Águas Lindas (01548020)	-74,57	1,96	Rejeita H0

A Tabela 22, abaixo, apresenta o resultado do teste de Mann-Whitney aplicado para as séries mensais de vazão. O teste mostrou que todas as séries rejeitaram a hipótese H0 de estacionariedade. Sendo assim, é possível concluir que as vazões mensais na sub-bacia do Alto Rio Descoberto são não estacionárias, ou seja, elas sofrem variação em decorrência, dentre outros fatores, podendo ser um deles a ocupação do solo na bacia.

Analisando os mapas da Figura 6 (Mapa de uso do solo, 2002) e Figura 7 (Mapa de uso do solo, 2013) percebe-se que de modo geral as sub-bacias do Alto Rio Descoberto sofreram degradação. Isso pode ser um indicador da influência do uso e ocupação do solo na preservação dos recursos hídricos.

Tabela 22. Resultados do teste de hipótese não paramétrico- vazões mensais.

Estação	Mann Whitney (Divisão da série do início do monitoramento a 2002 e de 2003 a 2013)		
	T	Z _{0,975}	Resultado
Descoberto Chácara 89 (60435000)	-4,79	1,96	Rejeita H0
Chapadinha Aviário DF-180 (60435100)	-5,43	1,96	Rejeita H0
Olaria DF 080 (60435150)	-5,66	1,96	Rejeita H0
Rodeador DF 435 (60435200)	-4,16	1,96	Rejeita H0
Capão Comprido Descoberto (60435300)	-4,62	1,96	Rejeita H0
Ribeirão das Pedras DF 180 (60435400)	-5,72	1,96	Rejeita H0
Decoberto Jusante Barragem (60436000)	-5,95	1,96	Rejeita H0

2.7.3.2. Boxplot

Os gráficos das Figura 50 (pluviometria) e Figura 51 (fluviometria) apresentam dados considerados como “outliers” (valores com comportamento diferente, comparados ao volume dos dados), pois aparecem nas extremidades inferior ou superior do “boxplot”.

Os valores considerados discrepantes foram analisados cuidadosamente para se verificar possíveis erros de medidas, visto que foi esse o principal objetivo da construção do “boxplot”. Os outliers de precipitação apresentaram volumes próximos em todas as estações, o que é uma indicação que esses valores não são erros de medida.

O mesmo ocorre com os dados de vazão em que ao se comparar os períodos que ocorreram os outliers foram os mesmos para as diferentes séries. Sendo assim, nenhuma das observações discrepantes deve ser descartada, pois é a realidade do fenômeno da área.

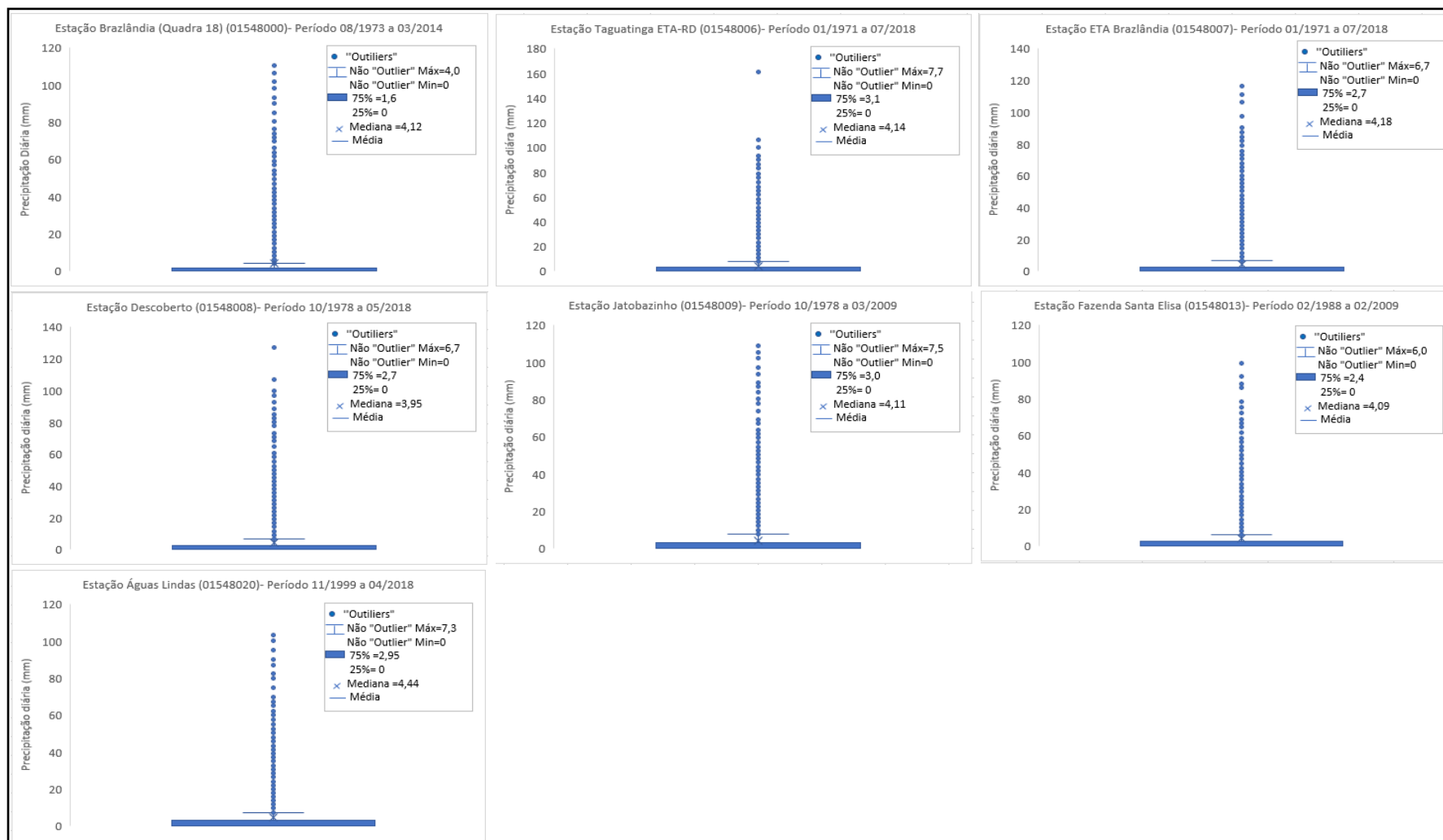


Figura 50. Boxplot da precipitação (mm) diária.

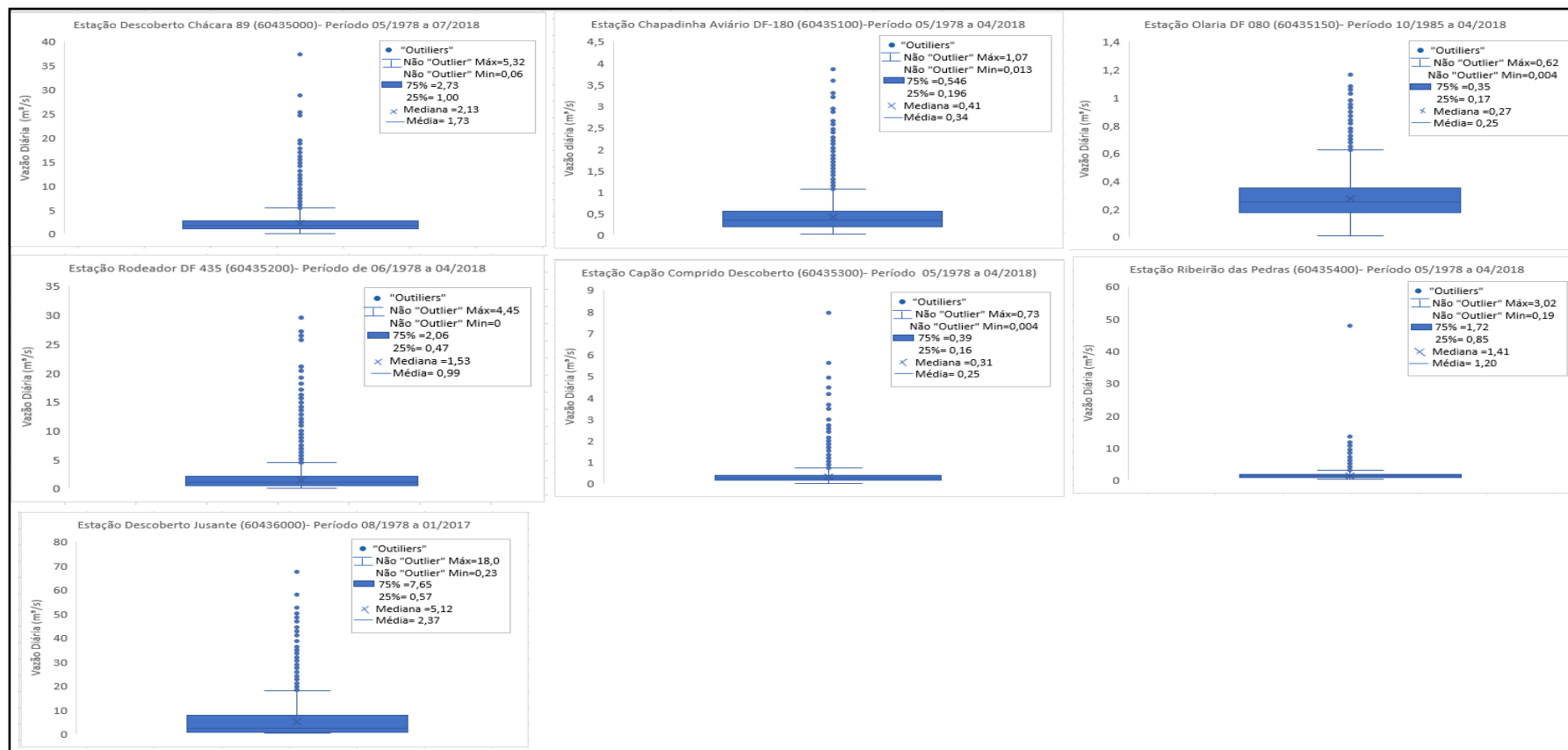


Figura 51. Boxplot da vazão (m^3/s) diária.

2.8. Vazões de referência para outorgas

A outorga no Distrito Federal está regulamentada pela Resolução de Nº 350 de 2006 da ADASA (ADASA, 2006), que estabelece os procedimentos gerais para requerimento e obtenção de outorga do direito de uso dos recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal e em corpos de água delegados pela União e Estados. Conforme a resolução a vazão outorgável é a vazão equivalente a 80% média das mínimas mensais (para cada mês), podendo atingir até 90% da vazão de referência para fins de abastecimento público. Os pontos de outorgas de água superficial emitidas atualmente pela ADASA estão representados no mapa da Figura 52. São 165 pontos de outorgas com a finalidade de uso para abastecimento humano, criação de animais, industrial, irrigação, uso comercial e outros.

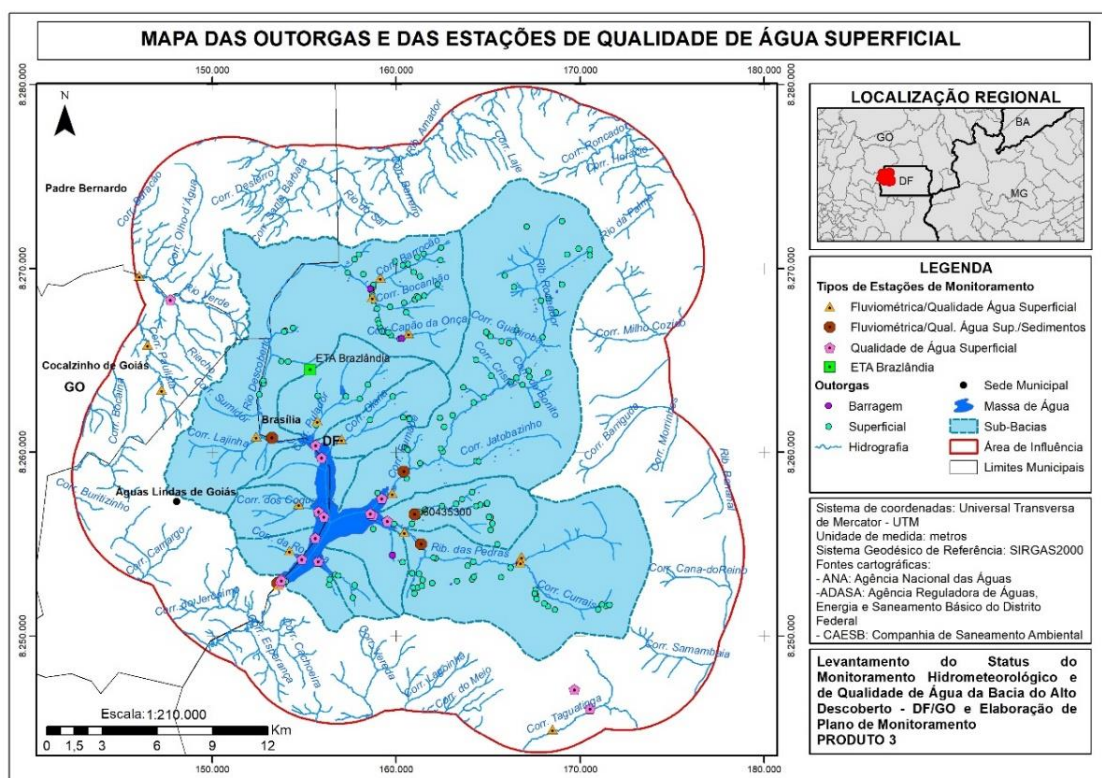


Figura 52. Localização dos pontos de outorga de água superficial concedidas pela ADASA.

No gráfico da Figura 53 é apresentado a vazão outorgável mensal em m^3/s em cada sub-bacia estudada. Os valores outorgáveis variam de $0,00615 \text{ m}^3/\text{s}$ na sub-bacia Chapadinha Aviário a $0,868 \text{ m}^3/\text{s}$ na sub-bacia Rodeador DF 435.

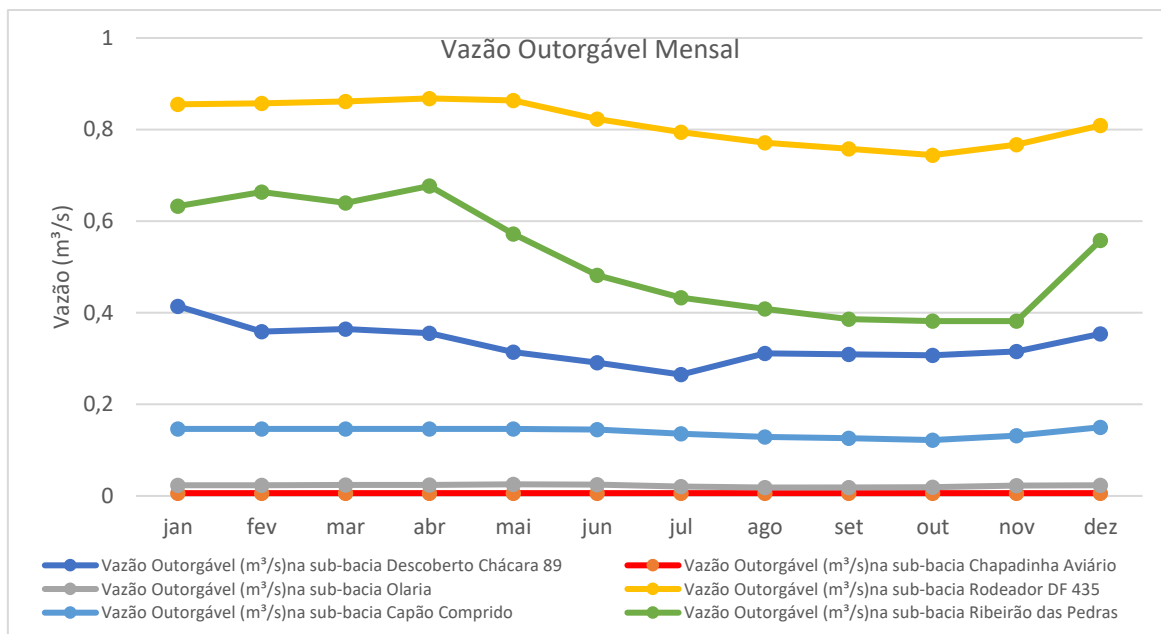


Figura 53 Vazão outorgada mensal em m³/s das sub-bacias do Alto Descoberto.

No Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal (GDF, 2016) é apresentado o comprometimento das Unidades Hidrográficas do DF no tocante a outorga de retirada. A seguir, na Tabela 23 é apresentado um resumo dessas outorgas no tocante as Unidades Hidrográficas em estudo neste relatório. Pode-se observar que, em 2016, o máximo potencial outorgável do Rio Descoberto e Ribeirão das Pedras era médio (indicador outorgado) passando dos 40% e para o Ribeirão Rodeador esse valor passava dos 70%, sendo considerado muito alto.

Quando se compara os valores apresentados na Tabela 23 com os apresentados na Figura 53 percebe-se que as vazões outorgáveis nas bacias do Rio Descoberto e Ribeirão das Pedras tiveram uma leve queda, mas sem alterar o indicador outorgado. Enquanto que, as vazões outorgáveis do Ribeirão Rodeador sofreram um aumento o que pode agravar ainda mais a situação de tal sub bacia.

Tabela 23. (Adaptada) Comprometimento das Unidades Hidrográficas do DF no tocante a outorga de retirada.

Nome	Vazões	Unidade	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Máximo Porcentual Outorgado	Indicador % Outorgado
Ribeirão das Pedras	Q _{méd min}	l/s	2230	2230	2230	2460	2060	1620	1370	1170	1050	960	1240	1800	46,17%	MÉDIO
	Q _{outorgável}	l/s	1784	1784	1784	1968	1648	1296	1096	936	840	768	992	1440		
	Q _{outorgada}	l/s	807	819	819	890	719	560	471	415	373	355	399	664		
	% outorgado	%	45,21%	45,89%	45,89%	45,20%	43,61%	43,18%	42,94%	44,30%	44,36%	46,17%	40,18%	46,08%		
Ribeirão Rodeador	Q _{méd min}	l/s	2600	2760	2600	2880	2410	1890	1600	1360	1220	1120	1450	2100	72,61%	MUITO ALTO
	Q _{outorgável}	l/s	2080	2208	2080	2304	1925	1512	1280	1088	976	896	1160	1680		
	Q _{outorgada}	l/s	657	659	662	665	660	660	675	667	660	651	660	652		
	% outorgado	%	31,59%	29,83%	31,84%	28,88%	34,26%	43,63%	52,71%	61,28%	67,60%	72,61%	56,86%	38,83%		
Rio Descoberto	Q _{méd min}	l/s	2540	2880	2970	2850	2300	1890	1470	1140	950	870	1250	1790	40,05%	MÉDIO
	Q _{outorgável}	l/s	2032	2304	2376	2280	1840	1512	1176	912	760	696	1000	1432		
	Q _{outorgada}	l/s	452	465	474	465	396	358	309	282	274	279	316	362		
	% outorgado	%	22,22%	20,20%	19,97%	20,39%	21,55%	23,70%	26,27%	30,92%	36,09%	40,05%	31,58%	25,28%		

Fonte: GDF 2016, GT Disponibilidade Hídrica, 2016, a partir das UH do DF (Resolução nº02 – CRH/DF)

2.9. Resultados das análises de parâmetros de qualidade – águas superficiais

2.9.1. IQA das estações de ambientes lóticos no tempo

O gráfico da Figura 54, mostra o resultado dos IQAs monitorados pela ADASA nas estações Descoberto Chácara 89, Ribeirão Rodeador e Ribeirão das Pedras. Assim como, os IQAs que foram calculados para os rios Taguatinga e Mato Grande Montante, com as faixas para a interpretação dos resultados conforme o site da ADASA¹⁴.

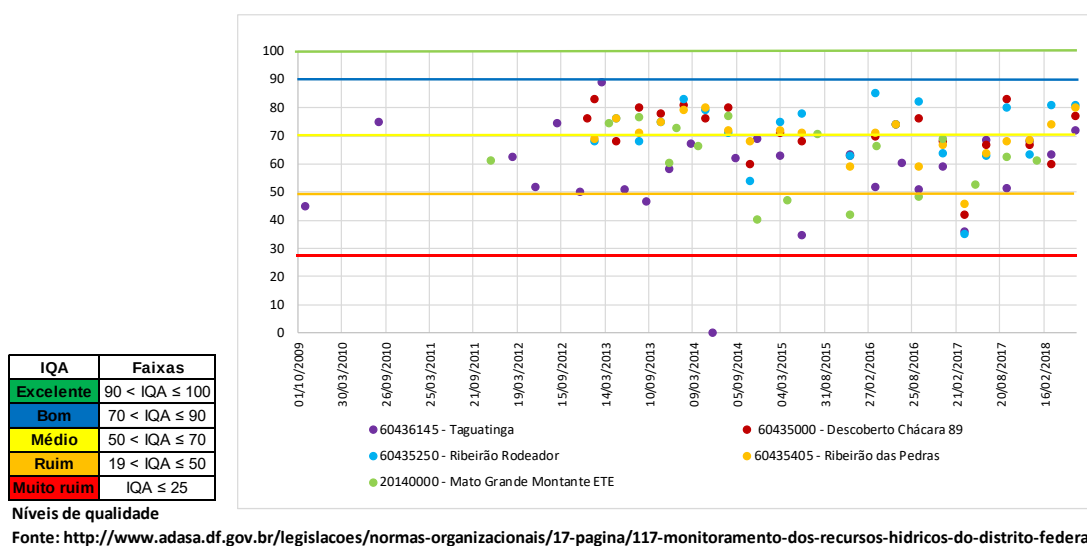


Figura 54. IQA Estações corpos hídricos lóticos no Alto Descoberto e 5 Km do entorno.

Para as estações pertencentes a Bacia do Alto Descoberto (Descoberto Chácara 89, Ribeirão Rodeador e Ribeirão das Pedras), observa-se que no geral o índice aponta para uma qualidade de água boa quando este índice começa a ser monitorado até metade de 2014. O IQA começa a oscilar entre bom e regular com uma marcada deterioração no final de 2016 e início de 2017, onde se observam pontos no regular para ruim.

Quando as estações são observadas individualmente (Figuras 55 a 57) nota-se que há uma tendência de queda do IQA a longo dos anos, de excelente para regular na Descoberto Chácara 89, e de bom em direção a regular nas estações Ribeirão das Pedras e Ribeirão Rodeador. As tendências de queda são mais marcantes nas 2 primeiras estações mencionadas, e também na estação Mato Grande Montante ETE (Figura 58), que está na zona de entorno e também apresenta queda do índice de bom para a regular. A estação de Taguatinga (Figura 59),

¹⁴ ADASA. Classificação dos níveis de qualidade de acordo com resultados do IQA <http://www.adasa.df.gov.br/legislacoes/normas-organizacionais/17-pagina/117-monitoramento-dos-recursos-hidricos-do-distrito-federal> último acesso 13 janeiro 2019.

permanece no intervalo regular através dos anos da série histórica disponível para esta estação de 2009 a 2018.

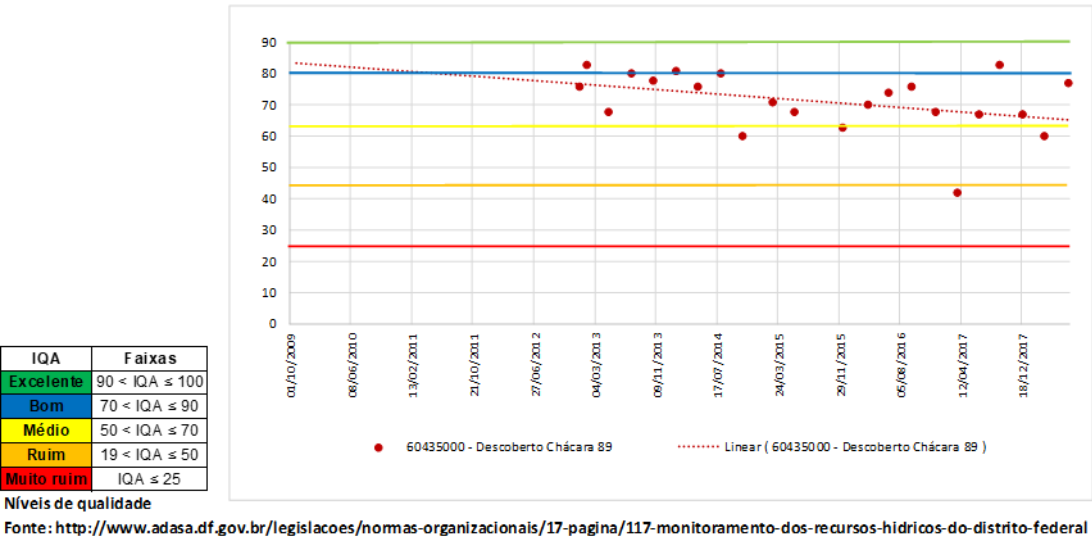


Figura 55. IQA no tempo Descoberto Chácara 89 (60435000)

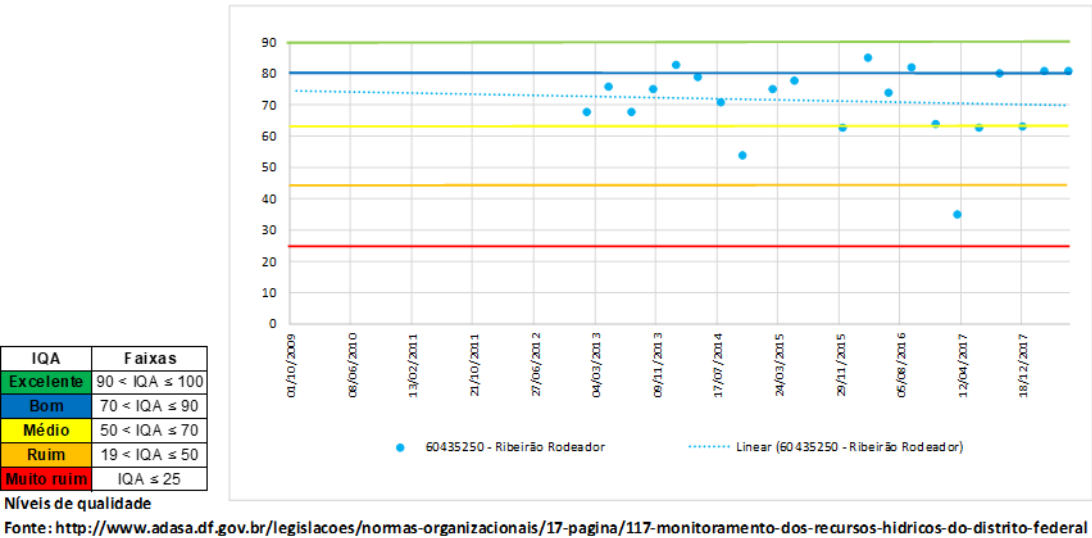


Figura 56. IQA no tempo Ribeirão Rodeador (60435250)

IQA	Faixas
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$19 < IQA \leq 50$
Muito ruim	$IQA \leq 25$

Níveis de qualidade

Fonte: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacoes/normas-organizacionais/17-pagina/117-monitoramento-dos-recursos-hidricos-do-distrito-federal>

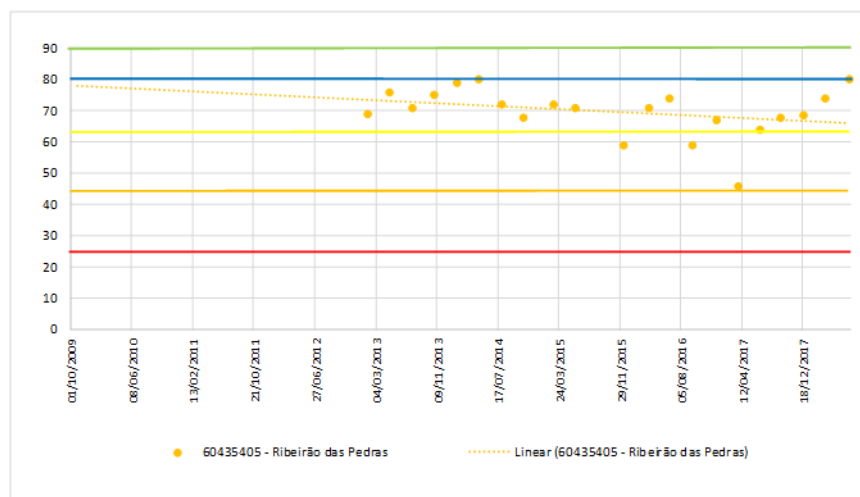


Figura 57. IQA no tempo Ribeirão das Pedras (60435405)

IQA	Faixas
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$19 < IQA \leq 50$
Muito ruim	$IQA \leq 25$

Níveis de qualidade

Fonte: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacoes/normas-organizacionais/17-pagina/117-monitoramento-dos-recursos-hidricos-do-distrito-federal>

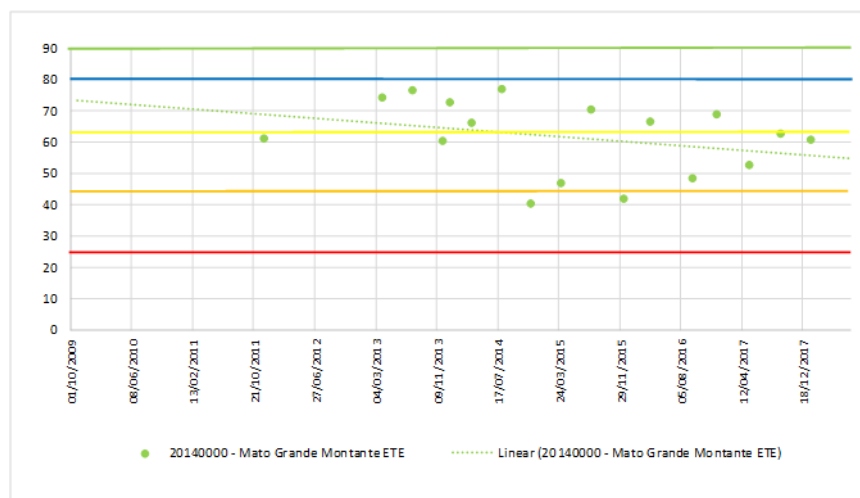


Figura 58. IQA no tempo Mato Grande Montante ETE (20140000)

IQA	Faixas
Excelente	90 < IQA ≤ 100
Bom	70 < IQA ≤ 90
Médio	50 < IQA ≤ 70
Ruim	19 < IQA ≤ 50
Muito ruim	IQA ≤ 25

Níveis de qualidade

Fonte: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacoes/normas-organizacionais/17-pagina/117-monitoramento-dos-recursos-hidricos-do-distrito-federal>

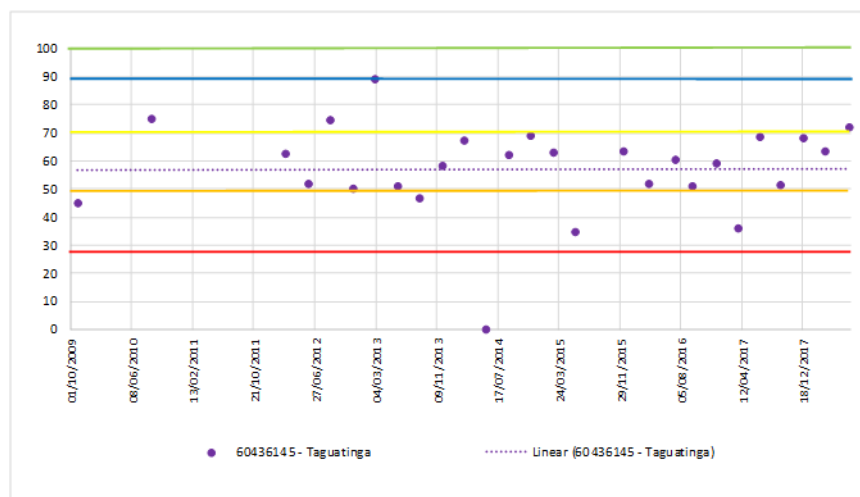


Figura 59. IQA no tempo Taguatinga (60436145)

2.9.2. IET das estações de ambientes lênticos no tempo

Na Tabela 24 estão apresentados em formato de tabela os IETs calculados para as estações dos ambientes lênticos (Alto Rio descoberto, Descoberto 1, Descoberto 2, Descoberto 3, Descoberto 4, Descoberto 5), e a chave de cores do índice de estado trófico se encontram na tabela 5 do presente documento.

Tabela 24. Resultados de cálculos de IET para cada estação da ADASA – ambientes lênticos.

Data	6043590 - Alto Rio Descoberto	60435480 - Descoberto 1	60435470 - Descoberto 2	60435460 - Descoberto 3	60435450 - Descoberto 4	60435170 - Descoberto 5
17/12/2015	61	55	51	56	53	59
28/03/2016	65	65	65	-	65	65
23/06/2016	69	70	69	72	68	70
23/09/2016	69	71	71	71	70	71
22/12/2016	74	73	71	74	77	71
22/03/2017	63	61	70	69	59	70
13/06/2017	47	47	47	47	47	47
27/09/2017	47	47	47	47	47	47
28/12/2017	47	52	54	61	55	51
15/03/2018	47	47	47	47	47	47
20/06/2018	47	47	47	47	47	47

- Ausência de fósforo não retorna resultado.

Na figura 60 estão apresentados em formato gráfico os IETs calculados para os ambientes lênticos apresentados anteriormente na tabela 24. Ambos, mostram que há uma deterioração marcante do lago em 2016 que volta a melhorar em junho de 2017. Este comportamento corrobora a existência de uma relação entre a queda do IQA do final de 2016 ao início de 2017 nos principais rios do Alto Descoberto visto na seção 2.9.1 e a deterioração da qualidade de água do lago.

A deterioração observada nas análises foi mencionada pela CAESB durante a visita a Brasília quando houve também relato de proliferação de algas. De acordo com o relato de entrevistados na CAESB, “isto foi resultado de vazões mais baixas, sem precedentes, no ano de 2016”.

Além disso, de acordo com as análises feitas (seção 2.7.3.1.) no período de 2003 a 2013 as médias de vazões mensais são menores do que as médias de vazões mensais anteriores a 2002, mostrando que há no geral uma tendência de diminuição de vazões nas sub-bacias do Alto Descoberto.

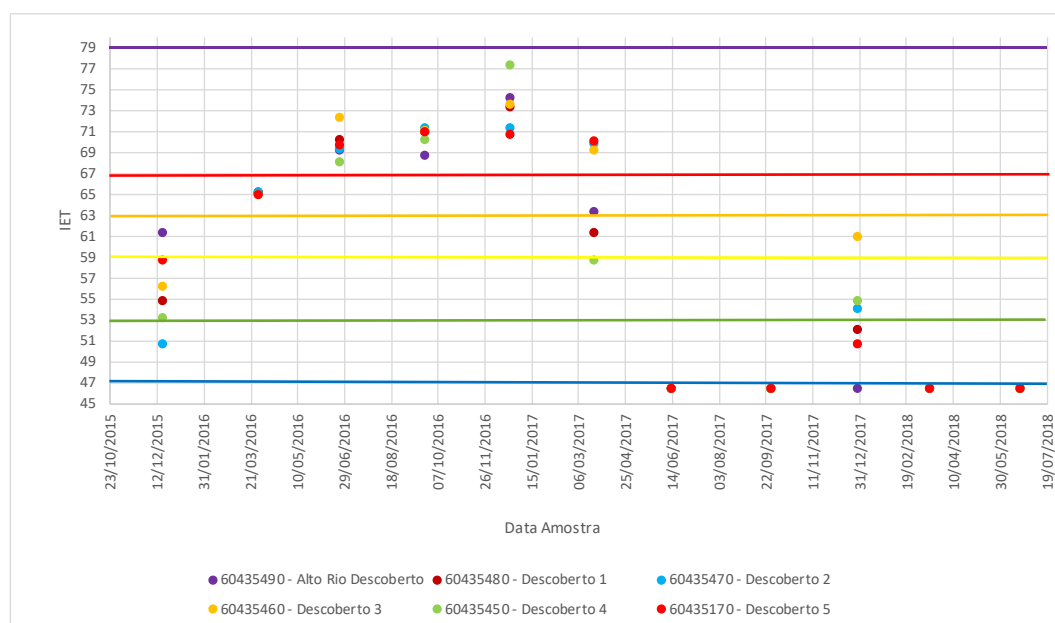


Figura 60. IET das estações da ADASA em ambientes lênticos.

A queda em qualidade do índice de água no final de 2016, nas estações da Bacia do Alto Descoberto foram investigadas em mais detalhe. Verificou-se cada parâmetro que compõe o IQA separadamente e foi observado que dois parâmetros pareciam influenciar a qualidade da água naquele período: fósforo total e coliformes termotolerantes. Na Figura 61 está apresentado um gráfico para fósforo total em todas as estações lóticicas do Alto Descoberto e 5 Km do entorno, para as quais se obteve resultados de fósforo total. A linha vermelha denota o máximo permitido para classes I e II para ambientes lóticicos (1mg/l) e a roxa o máximo permitido

para classe II de ambientes lóticos tributários diretos de lânticos (0,05mg/l) pela Resolução N° 357 de 2005 do CONAMA (CONAMA 2005).

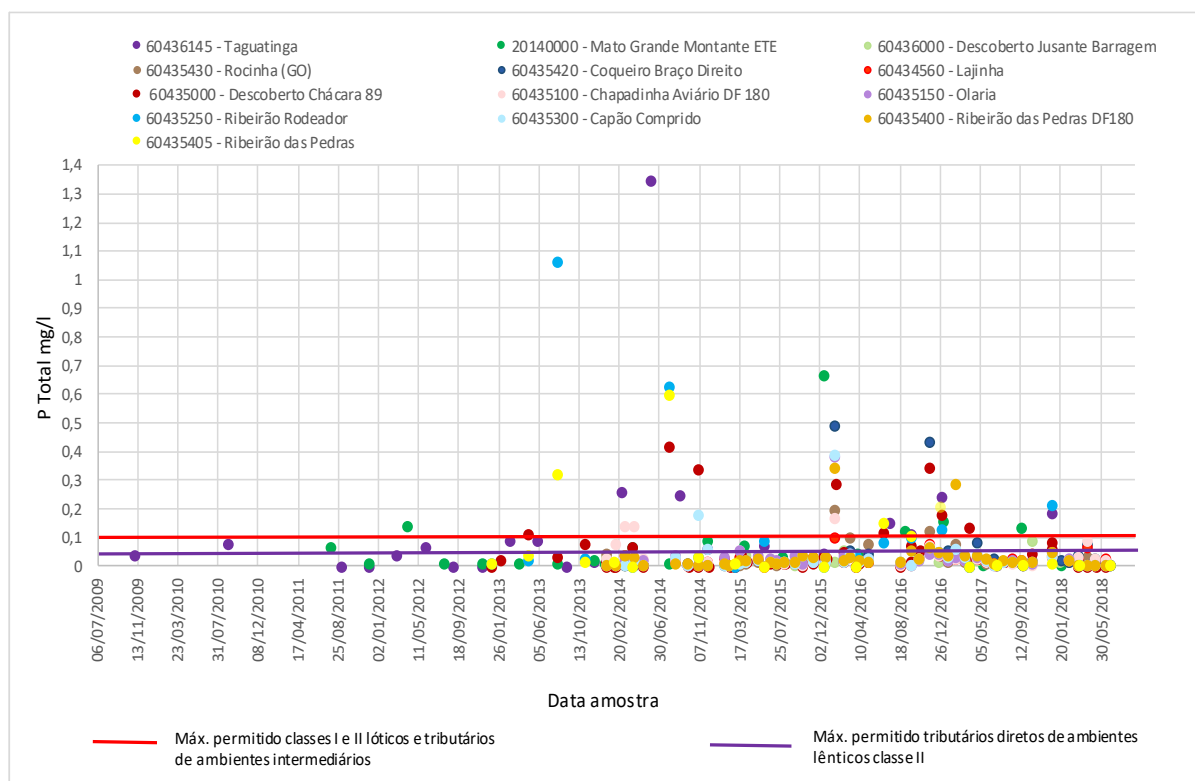


Figura 61. Fósforo total em relação aos níveis da Resolução CONAMA 357 nas estações de ambientes lóticos do Alto Descoberto e 5 Km do entorno.

Cabe ressaltar que as estações Descoberto Chácara 89 (60435000), Ribeirão Rodeador (60435250), Ribeirão das Pedras (60435405) estão localizadas em tributários diretos de ambientes lânticos (o Lago Descoberto). As estações Taguatinga (60436145) e Mato Grande Montante ETE (20140000) estão localizadas em corpos hídricos lóticos. Além disso, todos os rios no Descoberto, assim como o Lago Descoberto, são classificados pela Resolução de N°2 de 2014 do CRH-DF (CRH-DF, 2014) como classe II exceto o Córrego Capão da Onça que é classificado como classe I e o Rio Melchior que é classificado como classe VI.

De acordo com a Resolução N° 357 de 2005 do CONAMA (CONAMA 2005), corpos hídricos classificados como classe II são águas que podem ser destinadas aos seguintes usos:

- “a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

e) à aquicultura e à atividade de pesca.”

Ainda de acordo com a Resolução de N°2 de 2014 do CRH-DF (CRH-DF, 2014), Artigo 5° fala:

“Os parâmetros prioritários para o enquadramento serão, para rios: temperatura, DBO, OD, coliformes termotolerantes e, para reservatórios: temperatura, DBO, OD, Pt, coliformes termotolerantes e Nitrogênio Total - Nt utilizados para avaliar a efetividade das ações de prevenção, controle e recuperação da qualidade das águas das bacias hidrográficas.”

A maioria dos rios tem níveis altos de fósforo total na mesma época em que se observou a queda de performance em IQA nos rios e IET no lago. Na Figura 86, se evidencia que os resultados de fósforo total¹⁵ das amostras do Lago Descoberto sugerem que, na maior parte de 2016 e início de 2017 o padrão de enquadramento classe II com máxima concentração de fósforo total de até 0,03mg/l (estabelecido pela Resolução N° 357 de 2005 do CONAMA (CONAMA 2005)) não é atendido.

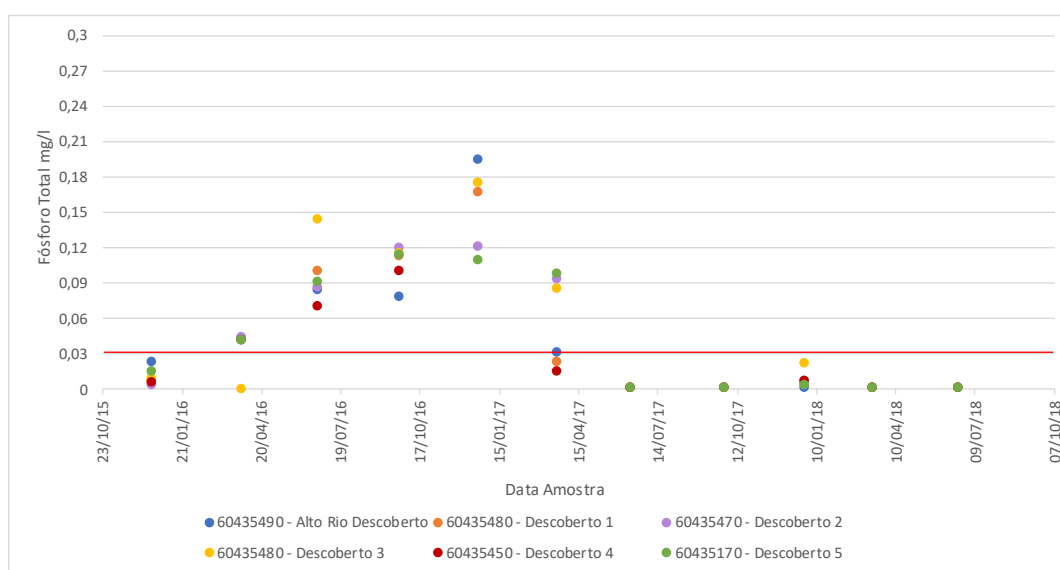


Figura 62. Níveis de fósforo no lago descoberto nas estações da ADASA.

Observou-se que juntamente com as recorrentes inconformidades de fósforo total há também recorrência de picos elevados de coliformes termotolerantes nas mesmas estações. Estes dois fatos juntos podem ser um indício de contaminação por despejos domésticos (Martins *et al.* 2014). Como o foco destas análises são os parâmetros físico-químicos (TNC, 2018), no item 2.9.4 será analisada a relação de fósforo total e a dinâmica do uso do solo, dinâmica demográfica e adequabilidade de esgotamento sanitário na área de interesse. Será também analisada

¹⁵ (Um dos parâmetros prioritários para o enquadramento dos lagos de acordo com a Resolução N°2 do CRH-DF (2014)).

estatisticamente as diferenças destes parâmetros entre as estações lólicas no exutório das sub-bacias.

Nenhum outro parâmetro incluído no IQA demonstrou problemas de inconformidade recorrente com a legislação nas séries históricas analisadas. Por vezes o DBO era afetado pelo aumento de coliformes termotolerantes, mas o número de inconformidades não justificava análise de tendência.

2.9.3. Resultados de outros parâmetros identificados para o monitoramento

Se detectou níveis de alumínio dissolvido e ferro total, em amostras de estações lólicas e lênticas da CAESB no período histórico de 10/01/2014 a 14/06/2018, que excedem o valor máximo permitido da Resolução N° 357 de 2005 do CONAMA (CONAMA 2005) e dos padrões organolépticos legais da Portaria Consolidada de N°5 do Ministério da Saúde (Ministério da Saúde, 2017) respectivamente.

Um resumo dos resultados está nas Tabelas 25 e 26, expressos como porcentagens do número total de amostras analisadas no período histórico. O que chama a atenção na tabela, apesar de poucas amostras analisadas, é a alta porcentagem do total de resultados de alumínio dissolvido que excedem o valor máximo permitido (VMP) da Resolução N° 357 de 2005 do CONAMA (CONAMA 2005).

Como a bacia do Alto Descoberto está em uma área onde o solo tem “teores razoáveis” de ferro e alumínio naturais (Campos, sem data), o solo é uma possível fonte destes metais. No entanto, é importante monitorar tais parâmetros pois eles podem ter outras fontes que não foram detectadas por este estudo. Por exemplo, o ferro e o alumínio muitas vezes podem estar na água como produto residual do próprio tratamento de água e efluentes, pois sulfato de alumínio e cloreto férrico são compostos comumente usados na floculação e posterior decantação de partículas em suspensão.

Note que também se observou em algumas amostras da mesma série histórica de 10/01/2014 a 14/06/2018 das estações lênticas da CAESB a presença de Trifluralina. Apesar de esta substância representar um risco a saúde e ter excedido o VMP da Resolução N° 357 de 2005 do CONAMA (CONAMA 2005) quase todas as vezes que foi analisada, os resultados são menores do que o VMP da Portaria Consolidada de N°5 do Ministério da Saúde (2017), que é o padrão de potabilidade. Este último permite até 20 ug/l e este nível não foi excedido. No entanto, estes resultados indicam o uso de herbicidas na região de estudo.

Tabela 25. Resumo dos resultados de outros parâmetros que não apreendidos pelo IQA ou IET em ambientes Lóticos monitorados pela CAESB.

Estação de monitoramento	Al diss. número de resultados > 0,1mg/l	Total de resultados no período histórico	% dos resultados que excedem o VMP CONAMA 357	Fe número de resultados > 0,3mg/l	Total de resultados no período histórico	% dos resultados que excedem o VMP Portaria N°5
Capão Comprido (60435300)	1	4	25%	11	19	58%
Chapadinha (60435100)	1	3	33%	19	19	100%
Coqueiro (60435410)	0	3	0%	19	19	100%
Descoberto Chácara 89 (60435000)	1	4	25%	16	19	84%
Descoberto Jusante Barragem (60436000)	3	4	75%	6	16	38%
Lajinha (60434560)	1	4	25%	16	18	89%
Olaria (60435150)	1	4	25%	16	18	63%
Ribeirão das Pedras DF180 (60435400)	2	4	50%	12	19	63%
Rocinha (60435430)	1	4	25%	6	19	32%
Rodeador DF435 (60435200)	0	2	0%	16	18	89%

Tabela 26. Resumo dos resultados de outros parâmetros que não apreendidos pelo IQA ou IET em ambientes Lênticos monitorados pela CAESB.

Estação de monitoramento	Al diss. número de resultados > 0,1mg/l	Total de resultados no período histórico	% dos resultados que excedem o VMP CONAMA 357	Trifluralina número de resultados > 0,2ug/l	Total de resultados no período histórico	% dos resultados que excedem o VMP CONAMA 357	Fe número de resultados > 0,3mg/l	Total de resultados no período histórico	% dos resultados que excedem o VMP Portaria N°5
Lago Descoberto A	5	10	50%	(-)	(-)	(-)	3	11	27%
Lago Descoberto B	7	10	70%	2	2	100%	3	11	27%
Lago Descoberto C	4	7	57%	1	1	100%	4	8	50%
Lago Descoberto D	4	7	57%	1	1	100%	4	8	50%
Lago Descoberto E	6	8	75%	0	2	0%	8	9	89%
Lago Descoberto F	5	8	63%	2	2	100%	5	9	56%
Lago Descoberto G	3	8	38%	2	2	100%	5	9	56%

() Nenhum resultado disponível. CONAMA 357 Classe I e II VMP: Al diss 0,1mg/l; Fe diss 0,3mg/l; Trifluralina 0,2ug/l. Portaria Consolidada de N°5 de 28 de Setembro de 2017 VMP: Al 0,2mg/l (Padrão Organoléptico de Potabilidade); Fe 0,3mg/l (Padrão Organoléptico de Potabilidade); Trifluralina 20ug/l (Padrão de Potabilidade - substância que representa Risco a Saúde)"

2.9.4. Considerações sobre a relação entre a concentração de fósforo total e a dinâmica do uso do solo, dinâmica demográfica e adequabilidade de esgotamento sanitário.

Observou-se nas seções anteriores deste relatório que:

- 1) De maneira geral há um aumento da antropização na Bacia do Alto Descoberto, entre os anos de 2002 para 2013, com observada mudança no uso do solo na área de interesse, de cerrado para pastagens, e com diminuição de aproximadamente 2% da área de cerrado. Isto foi mais observado na margem direita do Reservatório do Descoberto, nos fragmentos entre o córrego dos Coqueiros e Rocinha e, na margem esquerda do reservatório, entre o córrego dos Currais e o Ribeirão das Pedras (Imagem e WWF Brasil, 2002 e MMA, 2013);
- 2) Houve de maneira geral na área de interesse, de 2000 para 2010, um aumento da população de aproximadamente 25% (IBGE, 2000 e IBGE, 2010);
- 3) Enquanto de maneira geral houve na área de interesse um aumento da população (que ocorreu principalmente nas áreas urbanas), houve nas áreas rurais uma diminuição da população de aproximadamente 2%, exceto na região entre o córrego dos Currais e do Ribeirão das Pedras (IBGE, 2000 e IBGE, 2010);
- 4) Houve, no entanto, um aumento no número de domicílios nas áreas rurais de 8% e de aproximadamente 40% nas áreas urbanas (IBGE, 2000 e IBGE, 2010);
- 5) Os índices de esgotamento sanitário adequados (rede geral ou fossa séptica) apresentaram piora de 4,4% entre 2000 e 2010 (IBGE, 2000 e IBGE, 2010) e áreas rurais continuam com o pior índice;
- 6) Os índices de IQA nos rios monitorados pela ADASA desde 2013 indicam uma tendência de piora na maioria das principais sub-bacias do Alto Descoberto. Observou-se que este detrimento da qualidade está vinculado a resultados de fósforo total que excedem o VMP da legislação (Resolução de N°2 de 2014 do CRH-DF (CRH-DF, 2014) e Resolução N° 357 de 2005 do CONAMA (CONAMA, 2005)) e a picos do parâmetro coliformes termotolerantes. Estes dois fatos juntos podem ser um indício de contaminação por despejos domésticos (Martins *et al.*, 2014 e Piazzi e Lopes, 2018) e/ou de poluição difusa proveniente da pecuária (Capece *et al.*, 2007). Adicionados a isto é possível que exista também fontes difusas provenientes da agricultura (Sims *et al.*, 1998);

- 7) De acordo com o relato de entrevistados na CAESB, “as vazões de 2016 foram mais baixas do que o normal”. Além disso as análises feitas na seção 2.7.3.1 “Resultados do teste de hipótese não paramétrico- vazões mensais”, mostram médias de vazão mensais menores no período de 2003 a 2013 do que antes de 2002, e que isso vem sendo uma tendência nas sub-bacias do Alto Descoberto;

Considerando todos os pontos acima, existe uma possibilidade de que o aumento da população na área de interesse, o esgotamento sanitário não apropriado e mudanças no uso do solo, estejam conjuntamente contribuindo para a tendência de piora do IQA nos principais rios da Bacia do Alto Descoberto. (Capece *et al.*, 2007, Martins *et al.*, 2014, Castanheira, 2016 e Piazi e Lopes, 2018). Além disso, há períodos em que o Lago do Descoberto se torna hipereutrófico, apresentando proliferação de algas devido ao aumento da carga poluente e diminuição das vazões. (comunicação pessoal com CAESB, 2018).

No intuito de entender a relação existente, foram realizadas comparações das análises de fósforo total entre as estações localizadas nos exutórios das sub-bacias do Alto Descoberto. As médias e outras descrições estatísticas são apresentadas abaixo na tabela 27. Esta análise mostrou que a média mais alta de fósforo total foi na estação Ribeirão Rodeador. Não há estação de qualidade no córrego Rocinha DF, portanto não é possível analisar a contribuição relativa desta sub-bacia em relação a eutrofização do Lago Descoberto.

Tabela 27. Estatística descritiva de resultados de fósforo total das estações do exutório das sub-bacias do Alto Descoberto.

Estatística	60435150 – Olaria	60435430 – Rocinha (GO)	60435420 – Coqueiro Braço Direito	60435100 – Chapadinha Aviário DF 180	60435405 – Ribeirão das Pedras	60435250 – Ribeirão Rodeador	60435000 – Descoberto Chácara 89
Média	0,03	0,02	0,04	0,03	0,07	0,12	0,05
Erro padrão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,01
Mediana	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Modo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desvio padrão	0,06	0,04	0,08	0,04	0,15	0,26	0,08
Variância da amostra	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,07	0,01
Curtose	37,69	11,16	21,67	4,14	8,19	9,81	9,45
Assimetria	5,88	3,10	4,51	2,17	2,77	3,11	3,06
Intervalo	0,38	0,20	0,49	0,16	0,60	1,06	0,42
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	0,38	0,20	0,49	0,16	0,60	1,06	0,42
Contagem	47,00	47,00	62,00	58,00	21,00	21,00	69,00

Para entender se a média do Ribeirão Rodeador era significativamente mais alta que as outras foi aplicado o teste estatístico de Mann-Whitey pois a maioria dos resultados na tabela 27 mostravam um grau de assimetria nas curvas de distribuição dos dados. Os resultados dos testes de Mann-Whitney, expressados como fator Z pois $n > 10$ em ambas as estações¹⁶, assim como a probabilidade do resultado dos testes, entre as amostras coletadas em Ribeirão Rodeador e as outras estações são apresentados na tabela 28.

Tabela 28. Resultados de Mann-Whitney expressados como fator z e probabilidades.

		z	p	Resultado
60435250 - Ribeirão Rodeador	60435000 - Descoberto Chácara 89	-0,41	0,34	Não rejeitar Ho
60435250 - Ribeirão Rodeador	60435100 - Chapadinha Aviário DF 180	-0,03	0,49	Não rejeitar Ho
60435250 - Ribeirão Rodeador	60435150 - Olaria	-0,38	0,35	Não rejeitar Ho
60435250 - Ribeirão Rodeador	60435405 - Ribeirão das Pedras	-0,63	0,26	Não rejeitar Ho
60435250 - Ribeirão Rodeador	60435430 - Rocinha (GO)	-1,16	0,12	Rejeitar Ho
60435250 - Ribeirão Rodeador	60435420 - Coqueiro Braço Direito	-0,13	0,45	Não rejeitar Ho

Considerando um nível de significância de 20%, apenas Ribeirão Rodeador e Rocinha teriam médias das amostras diferentes. Todas as outras estações não apresentam diferença significativa nas médias. Nestes casos, podemos analisar uma indicação da probabilidade que tais resultados sejam excedidos utilizando os gráficos de frequência dos resultados e as porcentagens cumulativas (figura 63). Isto será útil durante o desenvolvimento do plano de monitoramento e poderá ser usado como linha de base.

Os gráficos mostram que, com exceção do Ribeirão Rodeador, todos os tributários do Lago Descoberto tem entre 75% a 96% das amostras abaixo do VMP para classe II de ambientes lóticos, de tributários diretos de lênticos, ou seja 0,05mg/l (CONAMA 2005). A sub-bacia do Ribeirão Rodeador possui 65% das amostras coletadas abaixo do VMP. Isto quer dizer que a probabilidade de excedência do VMP é de aproximadamente 35% do tempo nesta estação.

¹⁶UFSC. Teste de Mann-Whitney.

[http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Testes de Hipoteses/Testes nao parametricos Mann-Whitney.pdf](http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Testes%20de%20Hipoteses/Testes%20nao%20parametricos/Mann-Whitney.pdf) Último acesso 15 abril 2019.

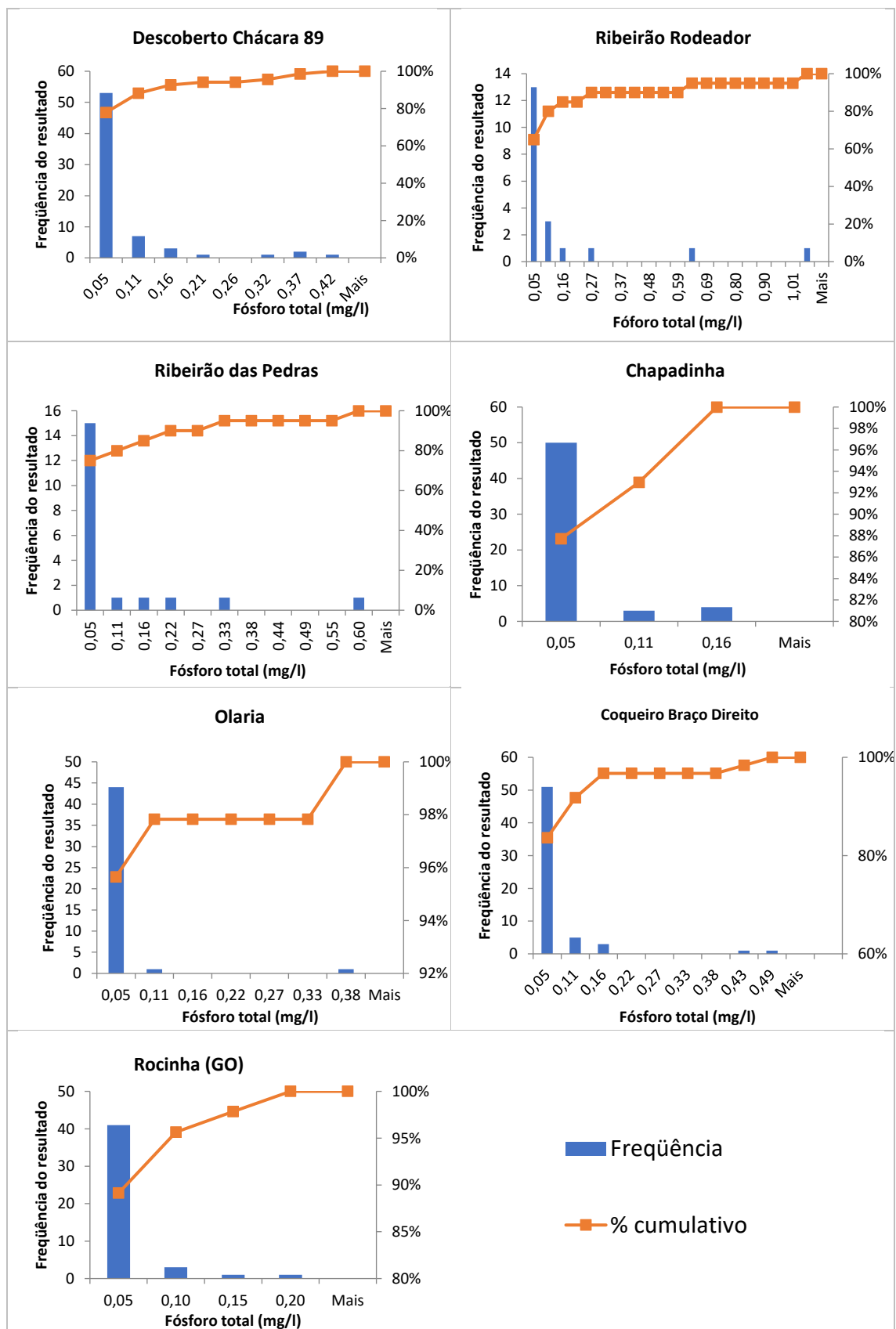


Figura 63. Frequência de resultados de fósforo total e porcentagens acumuladas por intervalos.

2.10. Resultados das análises das águas subterrâneas

Observou-se que os níveis de condutividade do poço de número 18 (figura 64), tanto do domínio poroso quanto do domínio fraturado, tem resultados de condutividade bem maiores que os outros poços analisados (Figuras 65 e 66)

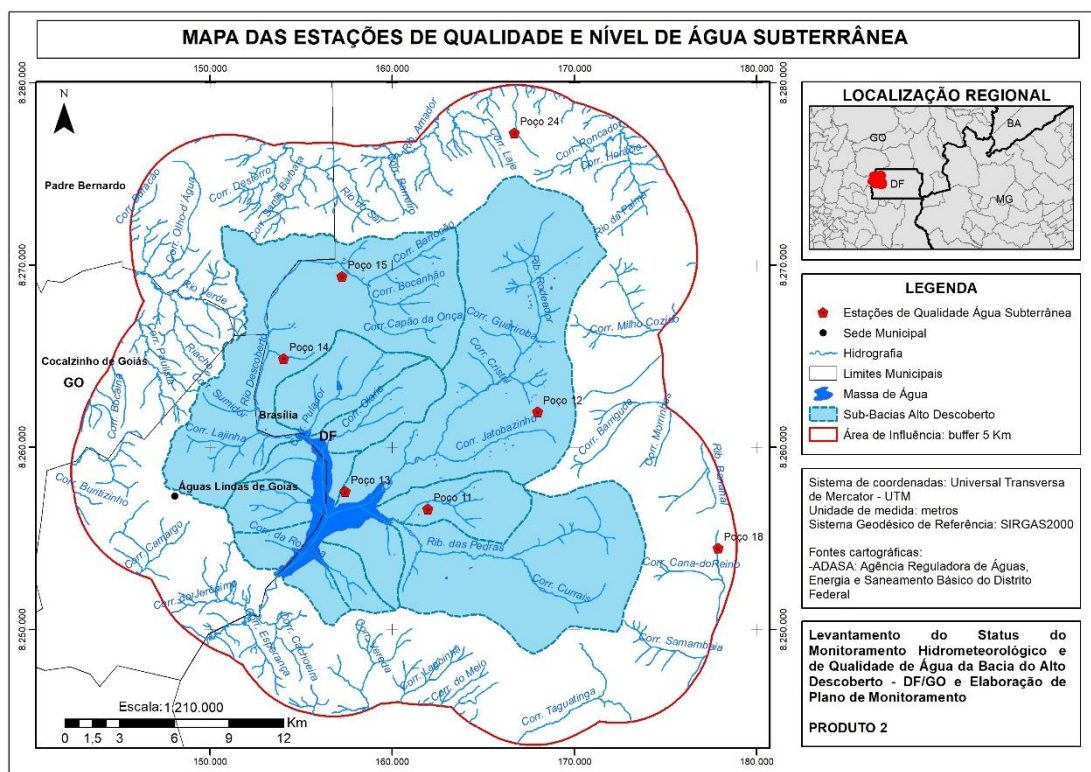


Figura 64. Mapa das estações de monitoramento subterrâneas.

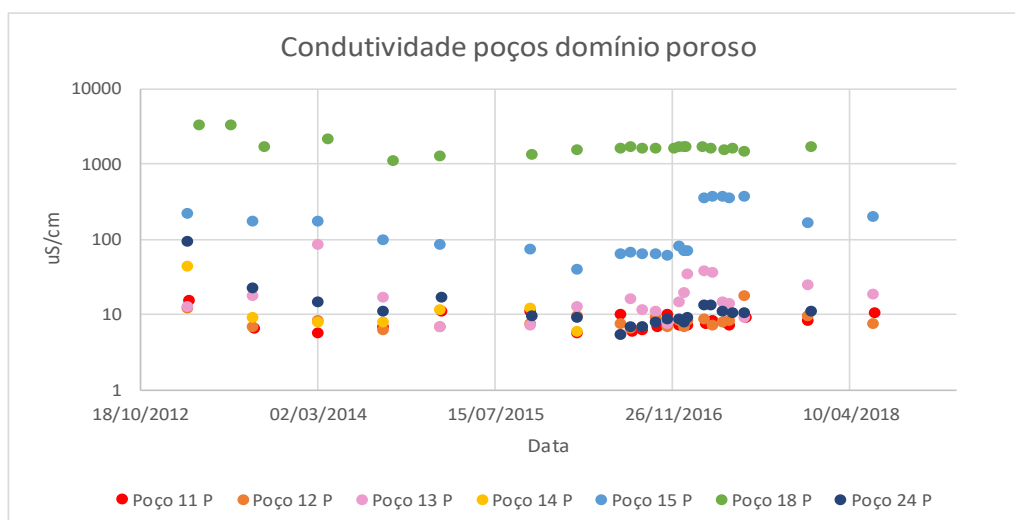


Figura 65. Condutividade poços domínio poroso.

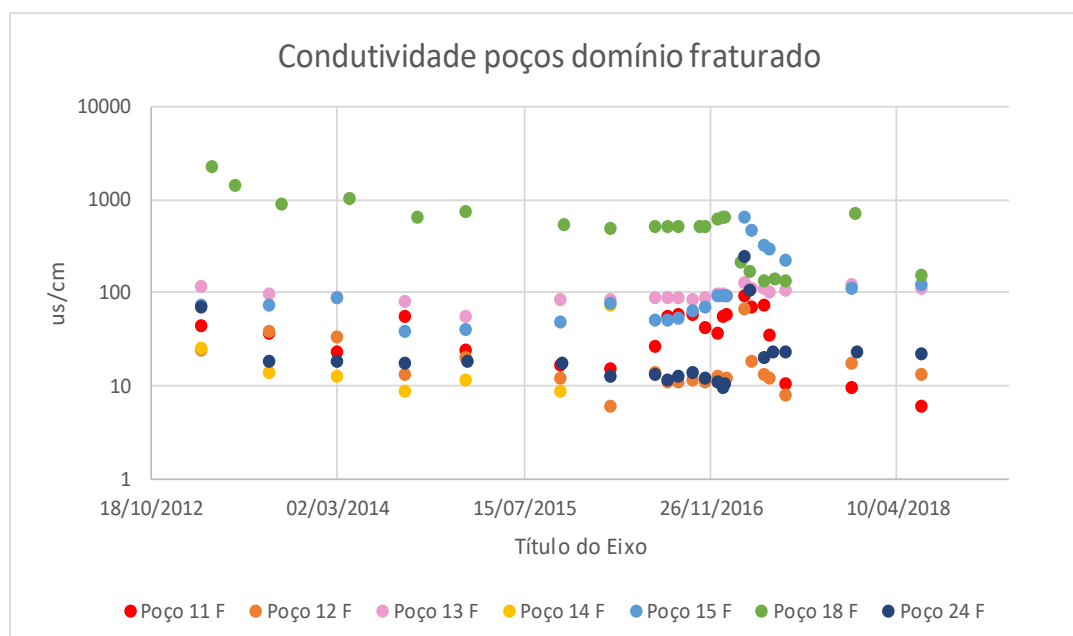


Figura 66. Condutividade poços domínio fraturado

Como a condutividade é uma medida dos cátions e ânions na água esta diferença está ligada à outros resultados encontrados no poço 18: cloreto, alguns metais como ferro que podem ser encontrados na água como cátions (Fe^+) e NH_3 que tem tendência de diluir na água e tornar-se NH_4^+ (Figuras 67 a 69).

Dos parâmetros analisados nos gráficos o cloreto está muito ligado a contaminação por efluentes domésticos que é a principal fonte de contaminação de águas subterrâneas do DF, principalmente em áreas onde o saneamento é feito *in situ* na forma de sumidouros e valas (Castanheira, 2016).

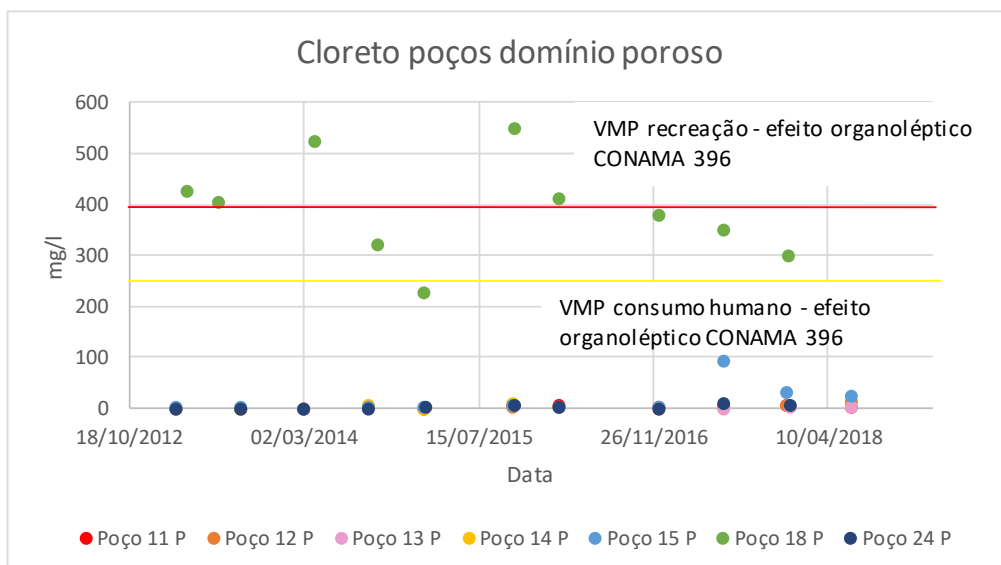


Figura 67. Cloreto poços domínio poroso.

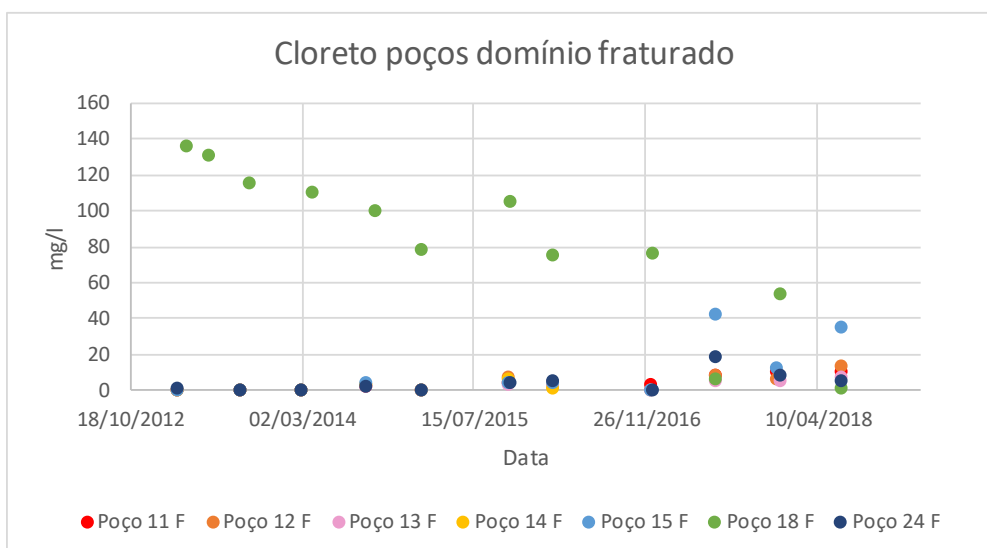


Figura 68. Cloreto poços domínio fraturado.

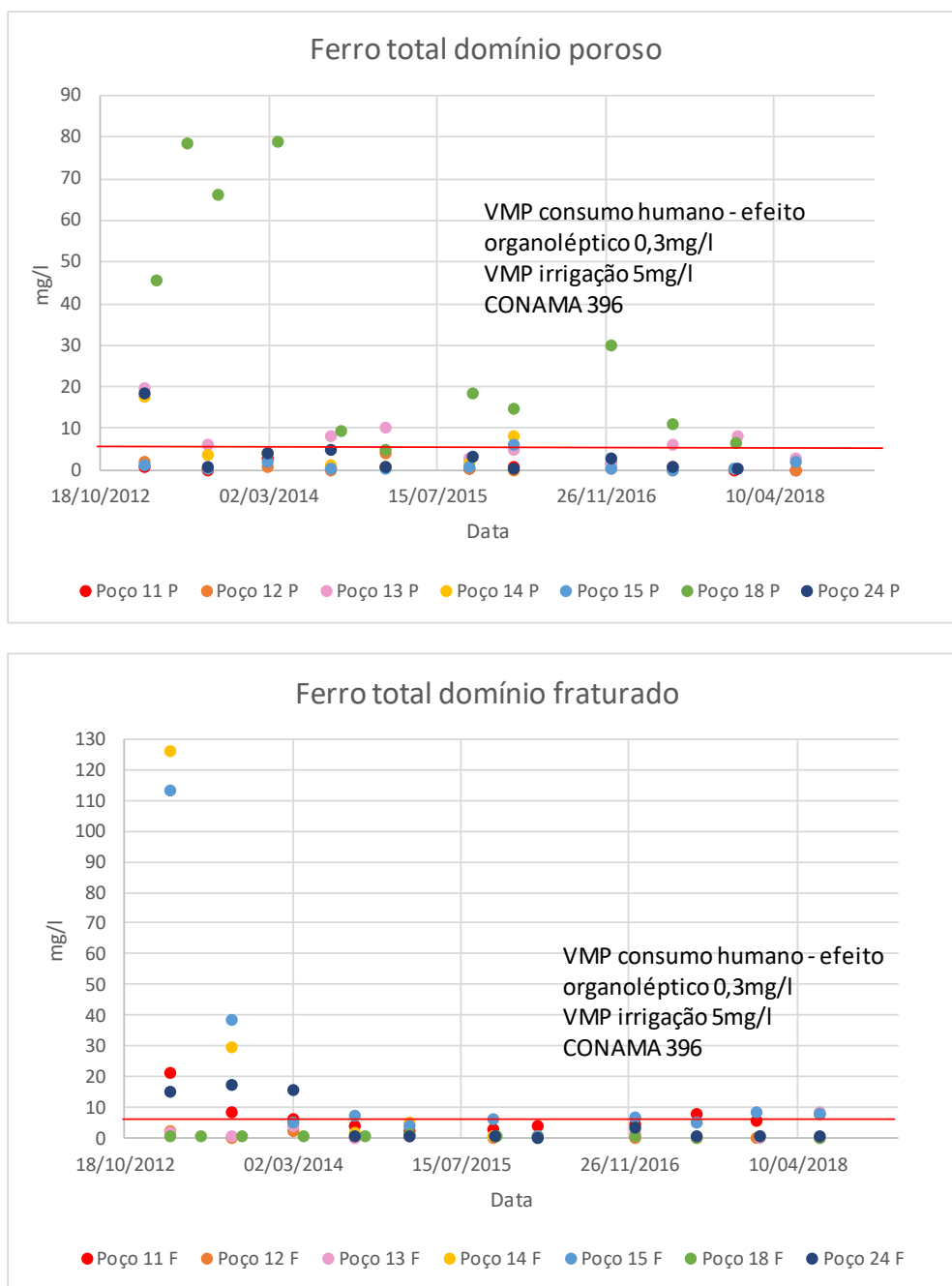


Figura 69. Ferro total nos poços dos domínios poroso e fraturado.

O NH_3 e o nitrito são ligados a dejetos de animais (Queiroz *et al.*, 2007). A tabela 29 abaixo mostra resultados das estações subterrâneas para estes dois parâmetros.

De acordo com a Resolução do CONAMA N°396 de 2008 (CONAMA, 2008), que dispõe sobre diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, o Nitrito tem um VMP de 1mg/l para o consumo humano e a irrigação. A amônia, de acordo com a Portaria de Consolidação de N°5 de 2017 (Ministério da Saúde, 2017) tem um efeito organoléptico quando atinge 1,5mg/l. Os valores marcados em amarelo na tabela 29 ultrapassam estes VMPs.

Tabela 29. Níveis de nitrogênio amoniacal e Nitrito nos poços monitorados pela ADASA

Poços domínio poroso								Poços domínio fraturado						
Nitrogênio Amoniacal mg/l								Nitrogênio Amoniacal mg/l						
#Data	Poço 11	Poço 12	Poço 13	Poço 14	Poço 15	Poço 18	Poço 24	Poço 11	Poço 12	Poço 13	Poço 14	Poço 15	Poço 18	Poço 24
28/10/15						42,2							12,6	
01/03/16	0,7	0,56	0,42	0,84	0,7	39,62	0,7	0,56	7	0,56	0,7	0,42	4,62	0,7
13/12/16	0,23	0,258	0,243		0,354			0,243	0,302	0,235		0,408		
14/12/16							0,302							0,284
15/12/16						45,9							11,2	
16/06/17	0,205	0,217	0,177		0,305	40,2	0,123	0,218	0,174	0,176		0,287	0,333	0,144
12/12/17	0,338	0,287			0,349			0,195	0,312			0,371		
20/12/17						45,6							17,5	
22/12/17			0,954				0,739			0,871				0,793
16/06/18	1,09	1,02	1		0,877			1,38	0,77	0,433		1,28	1,69	0,406
Nitrito mg/l								Nitrito mg/l						
#Data	Poço 11	Poço 12	Poço 13	Poço 14	Poço 15	Poço 18	Poço 24	Poço 11	Poço 12	Poço 13	Poço 14	Poço 15	Poço 18	Poço 24
28/10/15						5,255							0,519	
01/03/16	0,023	0,016	0,022	0,028	0,039	0,997	0,021	0,033	0,024	0,039	0,02	0,017	5,74	0,024
13/12/16	0,024	0,017	0,026		0,025			0,024	0,021	0,025		0,019		
14/12/16							0,02							0,019
15/12/16						<0,010							0,366	
16/06/17	0,02	0,018	0,019		0,024	0,323	0,029	0,024	0,017	0,022		0,02	0,02	0,016
12/12/17	0,007	0,006			0,014			0,006	0,018			0,012		
20/12/17						2,82							0,023	
22/12/17			0,013				0,013			0,012				0,015
16/06/18	0,001	0,001	0,001		0,001			0,001	0,001	0,001		0,001	0,005	0,009

Valores em amarelo: Nitrogênio amoniacal: ultrapassam VMP para efeitos organolépticos da Portaria de Consolidação de N°5 de 2017 (Ministério da Saúde, 2017); Nitrito: ultrapassam VMP para o consumo humano e a irrigação da Resolução do CONAMA N°396 de 2008 (CONAMA, 2008).

Além disso vale ressaltar que foram encontrados resultados positivos de E. coli pelo menos uma vez em cada poço. Os maiores números também foram encontrados no poço18 como é o caso do Nitrito e Nitrogênio amoniacal como visto na tabela acima.

É importante lembrar que não podemos assegurar neste estudo a representatividade dos resultados das amostras dos poços, pois como visto anteriormente, não há disponibilidade de representação gráfica dos aquíferos para tal avaliação. No entanto, os resultados obtidos parecem corroborar os resultados de contaminação por efluentes domésticos e práticas de pecuária observados nas análises das amostras de águas superficiais.

Além disto, a julgar pela densidade de poços de captação, vistos anteriormente na figura 13 da seção 2.5 deste relatório, é possível que estes sejam uma rota da contaminação de efluentes

domésticos e de dejetos de animais (Campos, sem data). A confirmação disto depende de uma inspeção visual das condições estruturais dos poços.

Na tabela 30 a seguir, são reportados os valores do níveis dos poços. A maior variação de nível ocorreu no poço 13 fraturado com uma variação de 15,56 m, entre setembro de 2016 e junho de 2017. Em seguida, as maiores variações ocorreram no poço 24 fraturado, poço 11 poroso e poço 12 fraturado com 11,60 m, 11,00 m e 10,00 m, respectivamente. As menores variações ocorreram no poço 15 poroso, poço 18 poroso e poço 18 fraturado com 4,92 m, 4,20 e 3,00 m, respectivamente. O poço 14 poroso e fraturado teve seu último monitoramento de em março de 2016.

Tabela 30. Dados de nível (m) dos poços subterrâneos da Bacia do Alto Descoberto.

Data	Poço 11 (Fraturado)	Poço 11 (Poroso)	Poço 12 (Fraturado)	Poço 12 (Poroso)	Poço 13 (Fraturado)	Poço 13 (Poroso)	Poço 14 (Fraturado)	Poço 14 (Poroso)	Poço 15 (Fraturado)	Poço 15 (Poroso)	Poço 18 (Fraturado)	Poço 18 (Poroso)	Poço 24 (Fraturado)	Poço 24 (Poroso)
01/03/2013	11,70	8,60	17,00	7,30	27,50	8,30	9,20	1,50	7,60	2,50	2,10	2,26	2,70	2,50
01/09/2013	13,80	12,00	17,00	9,00	27,50	9,00	12,00	2,70	9,70	3,60	2,00	1,40	6,20	7,70
01/03/2014	12,00	7,00	8,00	5,00	26,00	7,00	11,70	1,10	10,00	3,00	2,80	3,00	4,00	5,60
01/09/2014	13,10	8,20	18,00	11,00	27,70	8,00	11,60	2,50	9,90	3,50	3,00	3,00	14,30	11,60
11/02/2015	15,40	9,60	9,70	9,60	27,30	9,70	23,00	5,00	11,00	3,70	2,55	5,60	13,40	5,80
21/10/2015	15,00	18,00	9,50	5,30	34,00	10,00	14,00	5,00	11,50	5,00	3,00	2,80	9,70	9,00
01/03/2016	14,00	10,50	9,00	9,60	20,00	6,50	9,70	1,70	11,00	2,50	2,70	3,00	4,00	3,50
01/07/2016	15,05	7,97	8,70	10,10	30,75	8,60			16,50	4,00	3,02	3,14	6,48	5,07
01/08/2016	15,19	9,15	10,07	10,40	33,66	9,24			11,85	4,28	2,86	3,27	6,96	8,48
01/09/2016	15,39	9,83	10,29	10,65	35,56	9,63			12,01	4,81	3,22	3,40	7,39	9,46
10/10/2016	15,80	11,04	10,56	10,88	32,50	10,11			12,36	5,31	3,21	3,48	9,50	9,51
11/11/2016	15,70	11,41	10,73	10,15	32,93	10,44			12,70	5,88	2,73	3,21	7,80	9,96
13/12/2016	15,00	11,80	11,70	11,50	31,70	8,80			13,00	5,80	4,70	3,50	8,00	9,00
28/12/2016		11,45	10,95	11,22	32,02	8,22			12,80	5,64	3,38	3,31	7,00	8,69
06/01/2017	15,43	11,60	10,48	11,24	33,45	8,72			12,80	5,76	3,35	3,26	7,03	8,44
24/02/2017	15,00	12,07	10,98	11,14	29,98	6,13			12,64	4,94	2,58	2,55	6,15	7,40
17/03/2017	14,44	11,41	10,61	10,97	28,38	6,94			12,38	4,92	2,79	2,99	6,16	7,53
17/04/2017	14,39	10,98	10,26	10,38	28,57	6,94			12,28	4,61	2,18	2,66	5,80	6,85
04/05/2017	14,23	12,45	10,06	10,11	28,94	7,34			12,30	4,67	2,66	3,17	6,08	7,34
16/06/2017	16,00	12,00	11,00	10,00	20,00	9,00			13,00	5,00	5,00	4,00	7,20	8,00
07/11/2017		13,43		11,83		13,61				7,42	3,73	3,97	9,89	8,28
12/12/2017	10,70	17,00	11,30	12,70	32,00	10,00			14,50	5,00	3,00	1,80	6,00	7,00
16/06/2018	15,00	12,00	10,00	9,50	27,00	8,00			11,50	6,50	2,00		9,00	
Média	14,40	11,28	11,18	9,98	29,43	8,71	13,03	2,79	11,97	4,71	2,98	3,13	7,42	7,58

Valores em negrito mostram níveis máximos e mínimos nos diferentes poços.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS COM RELAÇÃO A CARÊNCIA DE DADOS E A LACUNAS, DEFICIÊNCIAS E VULNERABILIDADES DO SISTEMA ATUAL DE MONITORAMENTO

A bacia do Alto Rio Descoberto possui baixa disponibilidade hídrica entre os meses de julho a outubro, com demandas que superam a vazão outorgável. Essa situação é agravada pelo crescimento populacional. Para controlar tal circunstância são necessários obras de intervenção na gestão dos recursos hídricos.

Para detectar a disponibilidade hídrica ao longo do ano é necessário a continuação do monitoramento hoje existente e o aprimoramento do mesmo, com coletas diárias de cotas. Além disso, é preciso um monitoramento das retiradas de águas das bacias hidrográficas da região.

Quanto ao uso do solo, sabe-se que no entorno do reservatório Descoberto há uma área de intenso uso agrícola e que nesse corpo d'água está localizada a maior captação do sistema Descoberto.

Deve ser buscado o disciplinamento do uso do solo na faixa de proteção prioritária como forma de garantir a disponibilidade e a qualidade de água no lago.

Em termos de qualidade da água o principal problema está conectado a concentrações de fósforo total na água em conjunto com coliformes termotolerantes. Isto, e as análises de uso do solo, dinâmica demográfica e esgotamento sanitário sugerem a falta de saneamento adequado e possível contaminação por dejetos animais, tanto nas áreas rurais como em regiões de Águas Lindas de Goiás.

É aconselhável que o foco primário do monitoramento seja, portanto, o fósforo total. Para tanto é importante que o monitoramento como foi feito neste estudo continue (IQA para ambientes lóticos e IET para ambientes lênticos). Sugere-se a expansão do monitoramento do IQA para as estações lóticas da CAESB para que se tenha uma leitura melhor das áreas com possíveis fontes poluidoras e também para poder detectar o impacto de atividades que possam ser implementadas para diminuir os problemas nas áreas rurais (foco da TNC e parceiros).

É necessário que todos os nove parâmetros que compõem o IQA sejam monitorados (coletados e analisados) nas estações de qualidade da CAESB na mesma frequência e em datas concomitantes ao monitoramento feito pela ADASA em suas estações lóticas. Isso significa que os seguintes parâmetros deverão ser monitorados pelo menos trimestralmente (nas mesmas datas em que são feitas as coletas e análises pela ADASA), nas estações de qualidade nos ambientes lóticos da CAESB: Coliformes Termotolerantes, DBO, sólidos totais e turbidez. De

acordo com a tabela 4 do produto 2 estes parâmetros ou não são monitorados nestas estações ou são monitorados com uma frequência de 2 meses a 1 ano, mas com muitas falhas no monitoramento.

Quanto as águas subterrâneas há falta de informações detalhadas sobre a geometria dos reservatórios subterrâneos, a definição de suas condições e limites, assim como da avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos disponíveis principalmente no estado de Goiás. Esta ausência de informações sobre as características hidrogeológicas da área de estudo, bem como de suas adjacências, compromete o julgamento sobre a disponibilidade de pontos de monitoramento e sua suficiência para o estabelecimento de rede de amostragem para avaliação da qualidade hídrica e fatores intervenientes.

REFERÊNCIAS

- ADASA (2018). Email do dia 20 de Setembro de 2018. Assunto: RES: Dúvidas e informações pendentes.
- ABHA e ADASA (sem data). Aplicação dos recursos oriundos das cobranças pelo uso dos recursos hídricos no Comitê do Paranaíba. Apresentação disponibilizada pela TNC.
- ADASA (2006). Resolução nº 350, de 23 de junho de 2006. Estabelece os procedimentos gerais para requerimento e obtenção de outorga prévia e de outorga de direitos de uso dos recursos hídricos, em corpos de água de domínio do Distrito Federal e naqueles delegados pela União e estados.
- Antropoceno (2019). Sistemas hidrológicos e hidrogeológicos: caracterização e relações. Documento Técnico - 002/001-2019. Belo Horizonte.
- CAESB (2018). Carta N°388/2018-PRH/PR/CAESB endereçada a TNC. Assunto: Dados requisitados para “Levantamento do Status do Monitoramento Hidrometeorológico e de Qualidade da Água da Bacia do Alto Descoberto – DF/GO e Elaboração do Plano de Monitoramento”. Brasília.
- Campos, J.E. (sem data). Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal. Volume II. Subproduto 3.1 – Relatório do Meio Físico e Biótico. Governo do Distrito Federal. Fornecido pela CAESB.
- Capece, J.C., Campbell, K.L., Bohlen, P.J., Graetz, D.A. e Portier, K.M. (2007). Soil phosphorus, cattle stocking rates, and water quality in subtropical pastures in Florida, USA. *Rangeland Ecology Management*, 60, 19-30.
- Castanheira, D. (2016). Enquadramento dos corpos hídricos subterrâneos do Distrito Federal: parâmetros hidrogeoquímicos e ambientais. Dissertação de mestrado nº 96 apresentada à Banca Examinadora do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como exigência parcial para obtenção do título de mestre em Geociências. Brasília.
- Chigueru, T., Fraidenraich, N., Moszkowicz, M., Cavalcant, E. S. C., Lyra, F. J. M., Nogueira, Ângela M. B., Gallegos, H.G.G., de Araújo, D. C. N., Mamede, F. J. S., de Pinho Júnior, A. F., Kida, C. H. e de Oliveira, T. M. A. (2000). Atlas Solarimétrico do Brasil. Banco de dados solarimétricos. Recife. 111 f.
- CONAMA (2008). Resolução Número 396. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
- CONAMA (2006). Resolução Número 344. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.
- CONAMA (2005). Resolução Número 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- CRH-DF (2014). Resolução Número 2. Aprova o enquadramento dos corpos de água superficiais do Distrito Federal em classes, segundo os usos preponderantes, e dá encaminhamentos.
- de Paiva, J.B.D. e de Paiva, E.M.C.D. (2001). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH. 625 pp.
- EMATER (sem data). Programa Brasília Capital das Águas. Apresentação sem data.

- Gonçalves, T. D., Campos, J. E. G., Batista, G. T., Diniz, H. N., Targa, M. S. (2007). Metodologia para elaboração de mapas hidrogeológicos: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio da Palma, DF, Brasil. *Ambi-Agua*, 2(2), 47-68.
- Köppen, W. (1900). Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. – *Geogr. Zeitschr.* 6, 593–611, 657–679.
- Maciel, A. A. (2002). Projeto Bioclimático em Brasília: Estudo de Caso em Edifício de Escritórios. Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil para Obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil. Florianópolis. 151p.
- Martins, I.G. , e Silva, P.T.S., Mendes, A.M.S., Sousa, J.N., da Silva, H.V.C., dos Santos, E.A., Neta, C.R.S.e Souza, L.S.S. (2014). Uso do IQA para avaliar a qualidade da água no entorno do lago de sobradinho. 54º Congresso Brasileiro de Química.
- Ministério das Cidades (2013). Plano nacional de saneamento básico. Brasília.
- Ministério da Saúde (2017). Portaria de Consolidação N°5. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília.
- MMA (2014). Plano de Manejo APA Bacia do Rio Descoberto. Brasília.
- Natal, E. F., Laranja, R. E. de P. e Almeida, E. K. A. (2016). Análise da Influência das Variáveis Climáticas na Mortalidade por Doenças do Aparelho Circulatório no Distrito Federal, Brasil, 2003-2012. *Rev. Saúde Públ. Santa Cat., Florianópolis*, v.9, n.3, p.25-36.
- Ochoa-Tocachi, B., Buytaert, W., Antiporta, J., Acosta, L., Bardales, J.D., Céleri, R., Crespo, P., Fuentes, P., Gil-Ríos, J., Gualpa, M., Llerena, C., Olaya, D., Pardo, P., Rojas, G., Villacís, M., Villazón, M., Viñas, P. e De Bièvre, B. (2018). High-resolution hydrometeorological data from a network of headwater catchments in the tropical Andes. *Scientific Data - Nature*.
- Ochoa-Tocachi, B. F., Buytaert, W., e De Bièvre, B. (2017). Participatory Monitoring of the Impact of Watershed Interventions in the Tropical Andes.
- Piazi, J. e Lopes, F. A. (2018). Análise de tendência da qualidade das águas superficiais da porção mineira da Bacia do Paraíba do Sul. III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul.
- Porto, R.L.L., Filho, K.Z. e Silva, R.M. (1999). **Bacias Hidrográficas**. Escola Politécnica da USP-Depto de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo. 35p.
- Queiroz, J. F., Boeira, R. C. (2007). Boas Práticas de Manejo (BPMs) para Reduzir o Acúmulo de Amônia em Viveiros de Aqüicultura. Comunicado Técnico da EMBRAPA.
- Setzer, J. (1966). Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 61p.
- Sims, J. T., Simard, R. R. e Joern, B. C. (1998) Phosphorus loss in agricultural drainage: historical perspective and current research. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 27 No. 2, p. 277-293.
- Spiegel , M. R. (1970). Estatística. Coleção Schaum. Ed. McGraw Hill do Brasil, Ltda, São Paulo.
- Stoll, M., de Bievre, B. e Coello, X. (2008). Términos de referencia para el diseño de la red de monitoreo hidro-meteorológico y de calidad de agua, Proyecto Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en la Hoya de Quito. UICN-Sur, Ecuador.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) Analysis of erosional topology. *Geological Society of America Bulletin*, v.63, n.10, p.1117-1142.
- TNC (2018). Termo de Referência: Levantamento do status do monitoramento hidrometeorológico e de qualidade de água da bacia do Alto Descoberto - DF/GO e elaboração de plano de monitoramento.

Torres, F. T. P. e Machado, P. J. O. (2008). Introdução à Climatologia. Ubá: Ed. Geographica. 234p.

Tucci, C. E. M. (1993). Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS. 943p.

Villela, S. M. e Mattos, A. (1975). Hidrologia Aplicada. São Paulo, McGraw-Hill, 245pp.

Vogel, R. M., Fennessey, N. M. (1994). Flow-duration curves I: new interpretation and confidence intervals. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 120 (4), p. 485-504.

WMO (2008) Guide to Hydrological Practices, Volume I, Hydrology – From Measurement to Hydrological Information. WMO-No. 168.

WEBSITES

ADASA. Classificação dos níveis de qualidade de acordo com resultados do IQA <http://www.adasa.df.gov.br/legislacoes/normas-organizacionais/17-pagina/117-monitoramento-dos-recursos-hidricos-do-distrito-federal> último acesso 13 janeiro 2019.

ANA. IQA <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> último acesso 09 de novembro de 2018a.

ANA. IET http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx#_ftn1 último acesso 09 de novembro de 2018b.

Caires, E. (2018a). Índice de Qualidade das Águas (IQA) - parte 3. https://eduardocaires-perito.blogspot.com/2018/08/indice-de-qualidade-das-aguas-iqa-parte_30.html último acesso 08 novembro de 2018.

Caires, E. (2018b). Planilha Cálculo IQA <https://mega.nz/#!VWAxxKSJ!1kfvMLsMEFgr8XZPjInsOLY-boPUrjxSMZlodS52zvg> último acesso 08 de novembro de 2018.

Caires, E. (2018c). Índice de Qualidade das Águas (IQA) – parte 1.. <https://eduardocaires-perito.blogspot.com/2018/08/indice-de-qualidade-das-aguas-iqa-parte.html> último acesso 13 janeiro de 2019.

Cardoso, M. R. D. (2014). Classificação Climática de Koppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.8, n16, jan/mar. pp.40-55. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/273457588_CLASSIFICACAO_CLIMATICA_DE_KOPPEN-GEIGER_PARA_O_ESTADO_DE_GOIAS_E_O_DISTRITO_FEDERAL_CLIMATIC_CLASSIFICATION_OF_KOPPEN-GEIGER_FOR_THE_STATE_OF_GOIAS_AND_THE_FEDERAL_DISTRICT> . Último acesso 08 de novembro de 2018.

CETESB (2007) Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006. São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios) em ANA http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx#_ftn1 último acesso 09 de novembro de 2018.

CPRM. Mapas Hidrogeológicos do Brasil. <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes-173> último acesso 20 de fevereiro 2019.

Embrapa. <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/index.htm>, último acesso 20 de fevereiro 2019.

GDF (2016). Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal. Caderno Técnico- Pré Zoneamento. 162p. Disponível em: < www.zee.df.gov.br>. Último acesso 28 de dezembro de 2018.

IBGE. Bases cartográficas <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais> último acesso 18 de outubro de 2018a.

IBGE (2010). Censo demográfico de 2010 ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Sinopse/Agregados_por_Setores_Censitarios/ último acesso 18 de outubro de 2018b.

IBGE (2000). Censo demográfico de 2000 ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2000/Dados_do_Universo/Agregado_por_Setores_Censitarios último acesso 18 de outubro 2018c.

Imagem e WWF Brasil (2002). Áreas Especiais – Áreas Prioritárias para Conservação do Estado de Goiás. <http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads/> último acesso em 20 de agosto de 2018.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Estação de Brasília- Climatologia Local. Disponível em: < <http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/brasil-clima.html>>. Último acesso 07 de novembro de 2018.

Lamparelli, M. C. (2004). Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo,. em ANA http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx#_ftn1 último acesso 09 de novembro 2018

MMA (2013). Projeto TerraClass – Cobertura e uso do solo. <http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads/>, último acesso 20 de agosto de 2018.

Pegorim, J. (2017). Rajada de vento e os danos que ela pode causar. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br>> último acesso 26 de dezembro de 2018.

Pena, R. F. A. (1997). Umidade do ar. Disponível em: < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/umidade-ar.htm>> último acesso 07 de novembro de 2018.

Portal Action. Box Plot. <http://www.portalaaction.com.br/estatistica-basica/31-boxplot> último acesso 13 de abril de 2019.

SIEG. <http://www.sieg.go.gov.br/>, último acesso 20 de fevereiro 2019.

Silva, J. D. P. e Silva, R. G. (2005). Unidades Métricas Correlacionadas à Temperatura. Disponível em: < http://www.forp.usp.br/restauradora/pg/textos_tecnicos/metrologia/metrologia_temperatura.pdf > último acesso 19 março 2019.

UFSC (sem data). Teste de Mann-Whitney. http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Testes_de_Hipoteses/Testes_nao_parametricos_Mann-Whitney.pdf Último acesso 15 abril 2019.

Weather Spark. Relatórios gráficos mensais, diários e horários do clima. Disponível em: < <https://pt.weatherspark.com/y/147585/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Brasilia-Aeroporto-Brasil-durante-o-ano>> último acesso 26 de dezembro de 2018.