



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
FACULDADE DE PLANALTINA



MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS EM REDE NACIONAL

LEANDRO ANTONIO DINIZ OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE GESTÃO DE RISCO PARA
ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA DE ZONAS URBANAS: O CASO
DE BRAZLÂNDIA-DF**



Brasília-DF
2020

LEANDRO ANTONIO DINIZ OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE GESTÃO DE RISCO PARA
ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA DE ZONAS URBANAS: O CASO
DE BRAZLÂNDIA-DF**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em Rede Nacional (ProfÁgua) da Universidade de Brasília (UnB) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos.

Linha de Pesquisa: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água.

Orientador: Prof. Dr. Antonio de Almeida Nobre Júnior.

Brasília-DF
2020

LEANDRO ANTONIO DINIZ OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE GESTÃO DE RISCO PARA ANÁLISE DA
SEGURANÇA HÍDRICA DE ZONAS URBANAS:
O CASO DE BRAZLÂNDIA-DF**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em Rede Nacional (ProfÁgua) da Universidade de Brasília (UnB) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Antonio de Almeida Nobre Júnior.

Dissertação submetida em 08/12/2020, obtendo Aprovação.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Tadeu Carvalho Nascimento (FUP/UNB)

Prof. Dr. Jorge Enoch Furquim Werneck Lima (ADASA/DF)

Prof. Dra. Marília Carvalho de Melo (SEMAD/MG)

FICHA CATALOGRÁFICA

0048a Oliveira, Leandro Antonio Diniz
Aplicação de metodologia de gestão de risco para análise da segurança hídrica de zonas urbanas: o caso de Brazlândia / Leandro Antonio Diniz Oliveira; orientador Antonio de Almeida Nobre Júnior. -- Brasília, 2020.
228 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) -- Universidade de Brasília, 2020.

1. recursos hídricos. 2. estressores. 3. vulnerabilidade. 4. resiliência. 5. eventos extremos. I. de Almeida Nobre Júnior, Antonio , orient. II. Título.

Dedico este trabalho aos meus pais, Reila Diniz e Clécio Oliveira pelo carinho, exemplos, princípios e valores, à minha esposa Karina Ferraz pelo incentivo e apoio nos momentos difíceis e a minha filha Agatha Oliveira pelo exemplo de garra, determinação e superação das adversidades.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelo direcionamento e proteção.

À minha família, pelos conselhos e incentivos para a busca constante do conhecimento.

À minha querida esposa, Karina Ferraz Ferro Costa, pela sua dedicação, paciência e por entender minha ausência durante a execução deste trabalho.

À Universidade de Brasília (UnB), ao Prof.Água (ANA) e à Adasa pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio de Almeida Nobre Júnior pela dedicação, atenção e sabedoria na orientação deste trabalho e a Prof. Dra. Lucijane Monteiro de Abreu e Prof. Dra. Maria Cristina de Oliveira pela excelência na condução da coordenação do curso de mestrado Prof.Água-UnB.

Aos colegas de turma Renata, Jéssica, Gabriel, Nataluzo, Edimilson, Gisela, Gean, Consuelo, Márcia, Raísa, Paulo, Diogo, Genilson e Josias pelo companheirismo e pelos momentos de aprendizado compartilhados.

Aos colegas da Superintendência de Abastecimento de Água e Esgoto da Adasa, Rafael, Rossana, Patrícia, Murilo, Pablo, Adalto e Jarbas pelo incentivo e apoio na realização deste trabalho.

Aos colegas da Superintendência de Drenagem Urbana e da Superintendência de Recursos Hídricos da Adasa, Carol, Alba, Gustavo, Vandete, Samuel, Juliana e Rodrigo pelo compartilhamento de relevantes informações que subsidiaram a análise deste trabalho.

À minha ex-chefe e amiga Irene Guimarães Altafin pelas correções, sugestões, ensinamentos e incentivos que muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho quando ele era apenas um esboço.

À Dra. Marília Carvalho de Melo pela disponibilidade, sugestões e pela aceitação da utilização de metodologia de avaliação de segurança hídrica de sistemas urbanos de abastecimento de água por ela desenvolvida, sem a qual este trabalho não teria sido iniciado.

Ao Prof. Dr. Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento pelos ensinamentos compartilhados na disciplina de Hidrologia que muito contribuíram para as análises dos resultados deste estudo e pelas sugestões de melhoria sempre muito pertinentes e sensatas.

Em especial, agradeço ao Diretor Dr. Jorge Enoch Furquim Werneck Lima pela disposição em compartilhar o seu conhecimento técnico e pela sua dedicação para melhoria da gestão dos recursos hídricos e do saneamento básico do Distrito Federal e aos Diretores Dr. Paulo Sérgio Bretas de Almeida Salles e Dr. José Walter Vasquez Filho pela confiança, incentivo e sabedoria na condução de delicados momentos institucionais associados ao tema segurança hídrica.

À banca examinadora pela participação na melhoria e aperfeiçoamento deste trabalho.

“A água é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba”

Guimarães Rosa

RESUMO

A segurança hídrica para abastecimento urbano pode ser definida como a garantia de provimento de água bruta e tratada em quantidade e qualidade suficientes para o abastecimento público, associada à gestão de risco dos fatores de insegurança da bacia hidrográfica (estressores) e à gestão das vulnerabilidades das unidades operacionais do sistema, incluindo a captação, o tratamento, a reservação e a distribuição. O DF está organizado, geopoliticamente, em 33 regiões administrativas (RA), com população estimada de 3 milhões de habitantes, tendo enfrentado racionamento de água em seus cinco sistemas de abastecimento, incluindo o sistema de abastecimento de água de Brazlândia (SAA Brazlândia), durante a crise hídrica 2016-2018. Este sistema atende cerca de 48 mil habitantes da RA Brazlândia, sendo composto por captações diretas nos córregos Barroão e Capão da Onça, inexistindo reservatório de acumulação, apresentando recorrentes interrupções no fornecimento de água nos últimos anos. Este trabalho teve por objetivo aplicar metodologia de gestão de risco para análise da segurança hídrica do SAA Brazlândia, tendo por base as características da bacia hidrográfica e as vulnerabilidades do sistema de abastecimento. Por meio da aplicação de modelo conceitual adotado e adaptado para este estudo, constatou-se que os estressores “Demanda por água”, “Estiagem/Seca” e “Pressão sobre as condições ambientais” apresentaram maior risco à disponibilidade da água dos córregos Barroão e Capão da Onça, seguido, em menor nível pelo estressor “Poluentes ordinários”, com risco tolerável e pelo estressor “Poluentes acidentais” que apresentou risco em nível aceitável. A análise da vulnerabilidade do SAA Brazlândia evidenciou que as unidades de captação e distribuição apresentaram vulnerabilidade alta para os efeitos adversos de escassez crônica e escassez aguda provocados, respectivamente, pelos estressores “Demanda por água” e “Estiagem/Seca”. Na unidade de tratamento, verificou-se vulnerabilidade “baixa” aos efeitos adversos de poluição crônica e poluição acidental decorrentes dos estressores “Poluentes ordinários” e “Poluentes acidentais”, porém a vulnerabilidade foi avaliada como “média” ao estressor “Pressão sobre as condições ambientais”. Foram identificadas medidas de gestão em andamento ou previstas evidenciando a atuação dos órgãos gestores no sentido de aumentar a resiliência do sistema. A simulação de cenários demonstrou que a ampliação da infraestrutura de abastecimento, associada às medidas de gestão de perdas na distribuição e indução ao uso racional da água no meio urbano, serão suficientes para suprir o déficit hídrico atual e futuro. Concluiu-se que o modelo conceitual adotado é adaptável à avaliação da segurança hídrica do SAA Brazlândia com potencial para ser aplicado nos demais sistemas do DF. O modelo possibilitou, ainda, a aplicação de conceitos de gestão de risco, podendo ser incorporado ao Plano de Contingência Hídrica previsto no PRH Paranaíba-DF.

Palavras-chave: recursos hídricos, estressores, vulnerabilidade, resiliência, eventos extremos.

ABSTRACT

Water security for urban supply can be defined as the guarantee of supply of raw and treated water in sufficient quantity and quality for public supply, associated with the risk management of the watershed insecurity factors (stressors) and the management of the vulnerabilities of the operational units of the system, including capture, treatment, reservation and distribution. The DF is geopolitically organized in 33 administrative regions (RA), with an estimated population of 3 million inhabitants, having faced water rationing in its five supply systems, including the water supply system in Brazlândia (SAA Brazlândia), during the 2016-2018 water crisis. This system serves approximately 48 thousand inhabitants of RA Brazlândia, being composed of direct abstractions in the Barrocão and Capão da Onça streams, with no accumulation reservoir, presenting recurrent interruptions in the supply of water in recent years. This work aimed to apply risk management methodology for the analysis of the water security of SAA Brazlândia, based on the characteristics of the hydrographic basin and the vulnerabilities of the supply system. Through the application of a conceptual model adopted and adapted for this study, it was found that the stressors "Water demand", "Dryness / Drought" and "Pressure on environmental conditions" presented a greater risk to the availability of water in the Barrocão and Capão da Onça, followed, to a lesser degree, by the stressor "Ordinary pollutants", with tolerable risk and by the stressor "Accidental pollutants", which presented risk at an acceptable level. The analysis of the vulnerability of SAA Brazlândia showed that the catchment and distribution units were highly vulnerable to the adverse effects of chronic scarcity and acute scarcity caused, respectively, by the stressors "Demand for water" and "Dryness / Drought". In the treatment unit, there was a "low" vulnerability to the adverse effects of chronic pollution and accidental pollution resulting from the stressors "Ordinary pollutants" and "Accidental pollutants", but the vulnerability was assessed as "average" to the stressor "Pressure on conditions environmental". Management measures in progress or planned were identified, showing the performance of the management bodies in order to increase the system's resilience. The simulation of scenarios showed that the expansion of the supply infrastructure, associated with measures to manage losses in distribution and induce the rational use of water in the urban environment, will be sufficient to supply the current and future water deficit. It was concluded that the conceptual model adopted is adaptable to the evaluation of the water security of SAA Brazlândia with potential to be applied in the other systems of the DF. The model also enabled the application of risk management concepts, which can be incorporated into the Water Contingency Plan presented in PRH Paranaíba-DF.

Keywords: water resources, stressors, vulnerability, resilience, extreme events.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da pesquisa	6
Figura 2 – Mapa de literatura	8
Figura 3 – Dimensões do contexto da segurança hídrica.....	11
Figura 4 – Estrutura da gestão de recursos hídricos e segurança hídrica.....	19
Figura 5 – Alcance do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH)	21
Figura 6 – Relações entre os princípios, modelo e gerenciamento de riscos	22
Figura 7 – Etapas de elaboração do Plano de Segurança da Água.....	23
Figura 8 – Etapas da gestão de risco ecológico.....	24
Figura 9 – Estrutura de gestão de risco hidrológico.....	25
Figura 10 – Ciclo do gerenciamento do desastre	29
Figura 11 – Bacias hidrográficas do Distrito Federal	35
Figura 12 – Organismos integrantes do SIGRH/DF e principais atores interessados.....	37
Figura 13 – Marcos institucionais da gestão de recursos hídricos no DF.....	38
Figura 14 – Organismos e instrumentos da Política de Recursos Hídricos - DF.....	41
Figura 15 – Sistemas de Abastecimento de Água do DF.....	42
Figura 16 – Instrumentos e ferramentas da Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal. .	49
Figura 17 – Instrumentos e ferramentas da Política de Saneamento Básico do Distrito Federal.	54
Figura 18 – Componentes e programas do PRH Paranaíba-DF.....	55
Figura 19 – Relacionamento entres os instrumentos de planejamento e contingência.....	59
Figura 20 – Principais etapas metodológicas da pesquisa	67
Figura 21 – Localização da RA Brazlândia no Distrito Federal	68
Figura 22 – Evolução urbana da RA Brazlândia.....	68
Figura 23 – Componentes do SAA Brazlândia	70
Figura 24 – Imagem aérea da captação do Barroço	70
Figura 25 – Imagem aérea da captação do Capão da Onça.....	71
Figura 26 – Estação elevatória de água bruta (EAB.BRC.001).....	71
Figura 27 – Imagens ilustrativas da ETA Brazlândia	73
Figura 28 – Reservatórios de água tratada do SAA Brazlândia.....	73
Figura 29 – Área de estudo contendo as sub-bacias hidrográficas dos Córregos Barroço, Capão da Onça e Bucanhão.....	74
Figura 30 – Modelo analítico de segurança hídrica	77
Figura 31 – Representação dos componentes do sistema de abastecimento de água	80
Figura 32 – Matriz de determinação do nível de risco.....	84
Figura 33 – Matriz de determinação da vulnerabilidade.....	94
Figura 34 – Mapa das outorgas superficiais e subterrâneas na área de estudo (ADASA, 2020)	107
Figura 35 – Vazões outorgadas por finalidade no ponto a montante do SAA Brazlândia.....	108
Figura 36 – Ordenamento das outorgas superficiais para irrigação e vazão acumulada	109
Figura 37 – Ordenamento das outorgas subterrâneas para irrigação e vazão acumulada.....	109
Figura 38 – Histórico da demanda urbana do SAA Brazlândia entre 2000 e 2019.	110
Figura 39 – Índice de comprometimento da vazão captável (I_{vc}) em 2019	111
Figura 40 – Histórico do índice de comprometimento da vazão captável (I_{vc}) entre 2000 e 2019	112

Figura 41 – Série pluviométrica por ano hidrológico da estação ETA-Brazlândia entre 1977 e 2019.....	113
Figura 42 – Comparativo da precipitação média mensal com a média histórica na estação ETA-Brazlândia.....	114
Figura 43 – Soma das vazões médias nos mananciais do Barroirão e Capão da Onça entre 1997 e 2019.....	115
Figura 44 – Soma das vazões médias nos mananciais do Barroirão e Capão da Onça entre 1997 e 2019 no mês de setembro.....	115
Figura 45 – Correlação entre vazões do SAA Brazlândia e precipitação entre 1997 e 2019	116
Figura 46 – Soma das vazões médias nos mananciais do Barroirão e Capão da Onça nos últimos 5 anos e comparação com média história (1997 a 2014).	117
Figura 47 – Índice de variabilidade da vazão (I_{vv}) dos mananciais do SAA Brazlândia em 2019.	118
Figura 48 – Índice de variabilidade da vazão (I_{vv}) no mês de setembro dos mananciais do SAA Brazlândia (1997-2019).....	119
Figura 49 – Série histórica dos parâmetros de qualidade da água do Barroirão e Capão da Onça.	121
Figura 50 – Representação gráfica das componentes principais CP1 e CP2).	123
Figura 51 – Valores de IQA para o manancial do Barroirão e Capão da Onça em 2019.....	126
Figura 52 – Valores de IQA para o manancial do Barroirão e Capão da Onça entre 2015 a 2019.....	127
Figura 53 – Histórico de acidentes ambientais e áreas contaminadas entre 2008 e 2019 no DF.....	128
Figura 54 – Acidentes ambientais na UH do Alto Rio Descoberto entre 2008 e 2019.....	129
Figura 55 – Trechos rodoviários na área em estudo.....	130
Figura 56 – Mapa de uso e ocupação do solo das sub-bacias em estudo por domínios de uso em 2017.....	133
Figura 57 – Comparativo do uso e ocupação do solo por domínio nos anos de 2009 e 2017. ...	134
Figura 58 – Mapa comparativo do uso e ocupação do solo na área de estudo entre 2009 (esquerda) e 2017 (direita).....	135
Figura 59 – APA Descoberto, Flona de Brasília e Áreas de proteção de manancial nas bacias em estudo.	136
Figura 60 – Comparativo entre o zoneamento da APA Descoberto e o uso e ocupação do solo em 2017 na área de estudo.	138
Figura 61 – Cruzamento dos dados de zoneamento da APA Descoberto na área de estudo e o uso e ocupação do solo em 2017.....	138
Figura 62 – Zonas de uso da Área 4 da Flona de Brasília.....	141
Figura 63 – Uso do solo nas de Áreas de Proteção Permanente (APP).....	142
Figura 64 – Histórico de interrupções por indisponibilidade hídrica do SAA Brazlândia entre jan/2015 e dez/2019.	147
Figura 65 – Índice de continuidade do serviço de água em Brazlândia e no DF entre 2015 e 2019.....	148
Figura 66 – Índice de análises fora do padrão da água tratada por parâmetro do SAA Brazlândia.....	151
Figura 67 – Índice de análises fora do padrão da água tratada do SAA Brazlândia e do DF	152
Figura 68 – Evolução das unidades de consumo do SAA Brazlândia entre 2005 e 2019.....	155

Figura 69 – Consumo per capita do SAA Brazlândia, do Distrito Federal e consumo racional (OMS).....	155
Figura 70 – Vazão consumida e vazão perdida no SAA Brazlândia	156
Figura 71 – Índice de perdas na distribuição (I_{pd}) do SAA Brazlândia e do DF.....	157
Figura 72 – Cenários de segurança hídrica para abastecimento urbano do SAA Brazlândia	164
Figura 73 – Índice de comprometimento da vazão captável (I_{cvc}) – Normalidade hidrológica .	165
Figura 74 – Índice de comprometimento da vazão captável (I_{cvc}) – Escassez hídrica.....	166

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da população da RA Brazlândia entre 2011 e 2018	69
Tabela 2 – Estações de monitoramento da sub-bacia do córrego Barroirão e Capão da Onça.....	85
Tabela 3 – Valores máximos permitidos (VMP) para os parâmetros selecionados	98
Tabela 4 – Vazões de referência e vazões captáveis do SAA Brazlândia em setembro.	101
Tabela 5 – Vazões outorgadas por tipo a montante do SAA Brazlândia	107
Tabela 6 – Vazões outorgadas por tipo e finalidade no ponto a montante do SAA Brazlândia	108
Tabela 7 – Vazões de referência Q ₉₀ mensal dos córregos Barroirão e Capão da Onça.....	110
Tabela 8 – Estatística descritiva dos resultados das análises de qualidade da água bruta de 2015 a 2019	120
Tabela 9 – Cargas das variáveis de qualidade em cada componente principais, porcentagens de variação e porcentagem total explicada	122
Tabela 10 – Análise de tendência dos parâmetros de qualidade da água dos córregos do Barroirão e Capão da Onça entre 2015 e 2019	125
Tabela 11 – Descrição dos acidentes ambientais na UH do Alto Rio Descoberto entre 2008 e 2019.....	129
Tabela 12 – Comparativo do Tráfego médio diário (TDM) das vias em estudo em 2019.....	131
Tabela 13 – Relação vazão média do manancial e limite operacional cap. Barroirão (2005-2019)	146
Tabela 14 – Relação Vazão média do manancial e limite operacional cap. Capão da Onça (2005-2019).....	146
Tabela 15 – Quantidade de análises de qualidade da água por parâmetro do SAA Brazlândia.	151

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais conceitos de segurança hídrica adotados na literatura	10
Quadro 2 – Alinhamento conceitual dos parâmetros de magnitude, importância e significância.	14
Quadro 3 – Medidas a serem adotadas para redução da vulnerabilidade dos sistemas hídricos às mudanças climáticas.....	26
Quadro 4 – Principais atos normativos elaborados pela Agência Reguladora (Adasa) relacionados à gestão dos recursos hídricos	39
Quadro 5 – Principais atos normativos elaborados pela Agência Reguladora (Adasa) relacionados à regulação técnica dos serviços de abastecimento de água	44
Quadro 6 – Principais atos normativos elaborados pela Agência Reguladora (Adasa) relacionados à regulação econômico-financeira dos serviços de abastecimento de água.....	46
Quadro 7 – Situação dos instrumentos de gestão da política de recursos hídricos do DF.....	49
Quadro 8 – Situação dos instrumentos de gestão da política de saneamento básico do DF.....	52
Quadro 9 – Ações estabelecidas para os componentes 2 e 3 do PRH Paranaíba-DF	55
Quadro 10 – Definições que compõem o conceito de segurança hídrica aplicado ao abastecimento público.	77
Quadro 11 – Ações de gestão relacionadas à segurança hídrica.....	82
Quadro 12 – Estressores da água bruta, característica mensurável e efeito/impacto adverso	83
Quadro 13 – Atribuição de graus de severidade e ocorrência do estressor “Demanda por água”	86
Quadro 14 – Atribuição de graus de severidade e ocorrência do estressor “Estiagem/Seca”	87
Quadro 15 – Faixas de referência do Índice de qualidade da água (IQA).....	88
Quadro 16 – Atribuição de graus de severidade e ocorrência do estressor “Poluentes ordinários”	90
Quadro 17 – Atribuição de graus de severidade e ocorrência do estressor “Poluentes acidentais”	91
Quadro 18 – Atribuição de graus de severidade e ocorrência do estressor “Pressão sobre as condições ambientais”	93
Quadro 19 – Unidades do sistema e vulnerabilidade aos efeitos adversos dos estressores avaliados.....	94
Quadro 20 – Critérios de atribuição de graus à propriedade exposição	95
Quadro 21 – Unidades do SAA Brazlândia e característica mensuráveis de sensibilidade.....	95
Quadro 22 – Faixas de referência do IQA-Caesb e adequação a tecnologia de tratamento	97
Quadro 23 – Quadro resumo dos cenários simulados de segurança hídrica do SAA Brazlândia	105
Quadro 24 – Ações para redução da vulnerabilidade do SAA Brazlândia	161
Quadro 25 – Resumo dos resultados de avaliação de riscos dos estressores da água bruta	167
Quadro 26 – Resumo dos resultados de avaliação da vulnerabilidade do SAA Brazlândia.....	168

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ADASA	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do DF
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CBSH	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
CRH/DF	Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal
DF	Distrito Federal
EPA	Environmental Protection Agency
ETA	Estação de Tratamento de Água
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IQA	Índice de qualidade da água
IWA	International Water Association
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
PDAE	Plano Diretor de Água e Esgotos da Caesb
PDSB	Plano Distrital de Saneamento Básico
PGIRH	Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos
PRH Paranaíba-DF	Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Afluentes Distritais do Rio Paranaíba-DF
Q ₉₀	vazão com permanência por 90% do tempo
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAA Brazlândia	Sistema de Abastecimento de Água de Brazlândia
SIGRH/DF	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do DF
SIRH/DF	Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do DF
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UH	Unidade Hidrográfica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	2
1.1	Contextualização.....	2
1.2	Objetivos.....	3
1.2.1	Objetivo geral.....	3
1.2.2	Objetivos específicos	3
1.3	Justificativa.....	4
1.4	Estrutura da pesquisa	5
2	REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1	Pesquisa Bibliográfica	8
2.2	Conceito de segurança hídrica	9
2.3	Conceitos associados à segurança hídrica	12
2.3.1	Estressores, impacto ambiental e avaliação de impacto ambiental.....	12
2.3.2	Riscos, severidade e probabilidade de ocorrência	14
2.3.3	Vulnerabilidade, exposição e sensibilidade	16
2.3.4	Capacidade adaptativa e resiliência	17
2.4	Segurança hídrica no contexto nacional	19
2.5	Segurança hídrica e gestão de risco	21
2.6	Segurança hídrica e contingência	28
2.7	Segurança hídrica para abastecimento urbano.....	30
3	GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DO ABASTECIMENTO NO DF	34
3.1	Características demográficas e geopolíticas do DF.....	34
3.2	Características gerais da vegetação e do meio físico.....	34
3.3	Hidrografia.....	34
3.4	Gestão de recursos hídricos	36
3.4.1	Sistema de gerenciamento de recursos hídricos.....	36
3.4.2	Política de Recursos Hídricos e seus instrumentos.....	40
3.5	Gestão do serviço de abastecimento de água no DF	42
3.5.1	Sistemas de abastecimento de água	42
3.5.2	Prestadora de serviços.....	42
3.5.3	Regulação dos serviços de abastecimento de água	43
3.6	Instrumentos de gestão e segurança hídrica para abastecimento urbano DF.....	46
3.6.1	Instrumentos de gestão de recursos hídricos.....	47
3.6.2	Instrumentos de gestão do serviço de abastecimento de água	51
3.6.3	Integração entre os instrumentos de gestão	54
3.6.4	Plano de contingência hídrica para o DF	56
3.6.5	Plano de contingência para o abastecimento urbano no DF	57
3.6.6	Integração entre os planos de contingência	59
4	SEGURANÇA HÍDRICA, CRISE HÍDRICA NO DF E EM BRAZLÂNDIA	61
4.1	Gestão da crise hídrica nos sistemas integrados	61
4.2	Gestão da crise hídrica nos sistemas isolados	63
4.3	Segurança hídrica para abastecimento do SAA Brazlândia	64

5	MATERIAL E MÉTODOS	67
5.1	Tipo de pesquisa	67
5.2	Principais etapas metodológicas	67
5.3	Caracterização e delimitação da área de estudo	67
5.3.1	Região Administrativa de Brazlândia	67
5.3.2	Caracterização do SAA Brazlândia	69
5.3.3	Delimitação da sub-bacias e da área de estudo	74
5.4	Seleção do modelo de avaliação da segurança hídrica	75
5.5	Descrição e adaptação do modelo de avaliação da segurança hídrica.....	76
5.6	Procedimentos para aplicação do modelo de avaliação.....	83
5.6.1	Procedimentos de avaliação de riscos associados aos estressores	83
5.6.2	Procedimentos de análise das vulnerabilidades	94
5.6.3	Procedimentos para levantamento das ações de gestão de segurança hídrica	99
5.6.4	Procedimentos de avaliação de cenários de segurança hídrica.....	99
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	107
6.1	Avaliação dos riscos associados aos estressores da água bruta.....	107
6.1.1	E1 - Demanda por água.....	107
6.1.2	E2 - Estiagem/Seca	113
6.1.3	E3 - Poluentes ordinários	120
6.1.4	E4 - Poluentes acidentais	127
6.1.5	E5 - Pressão sobre as condições ambientais	132
6.2	Análise das vulnerabilidades do SAA Brazlândia	145
6.2.1	U1 - Unidade de captação	145
6.2.2	U2 - Unidade de tratamento	150
6.2.3	U3 - Unidade de distribuição	154
6.3	Ações de gestão relacionadas à segurança hídrica do SAA Brazlândia	159
6.3.1	Ações para redução da vulnerabilidade da unidade de captação	159
6.3.2	Ações para redução da vulnerabilidade da unidade de distribuição	160
6.4	Simulação de cenários de segurança hídrica do SAA Brazlândia	163
6.5	Síntese dos resultados	167
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	173
7.1	Conclusões.....	173
7.2	Limites da pesquisa.....	174
7.3	Recomendações	175
	REFERÊNCIAS	177
	GLOSSÁRIO	186
	APÊNDICE A – PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	188
A.1	- Identificação dos descritores	188
A.2	- Buscas nas bases e bibliotecas eletrônicas	188
A.3	- Filtragem das publicações	188
A.4	- Análise dos documentos	189

APÊNDICE B – ANÁLISE DE MODELOS DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA HÍDRICA PARA ABASTECIMENTO URBANO	190
B.1 – Seleção dos trabalhos	190
B.2 – Resultados da avaliação.....	190
APÊNDICE C – ESTRESSORES DA ÁGUA BRUTA DO MANANCIAL DE ABASTECIMENTO	194
C.1 - Demanda por água.....	194
C.1.1 – Definições.....	194
C.1.2 – Abordagem do estressor na literatura	194
C.2 - Estiagem/Seca	196
C.2.1 – Definições.....	196
C.2.1 – Abordagem do estressor na literatura	197
C.3 - Poluentes ordinários	201
C.3.1 – Definições.....	201
C.3.2 – Abordagem do estressor na literatura	201
C.3.3 - Índice de qualidade das águas (IQA)	204
C.3.4 - Tecnologia de tratamento convencional da água para abastecimento	207
C.3.5 - Parâmetros de monitoramento da água tratada	208
C.4 - Poluentes acidentais	209
C.4.1 – Definições.....	209
C.4.2 – Abordagem do estressor na literatura	209
C.4.3 – Causas de acidentes e classes de produtos perigosos	209
C.4.4 – Planos de Prevenção, Preparação e Resposta a Emergências.....	210
C.5 - Pressão sobre as condições ambientais	211
C.5.1 – Definições.....	211
C.5.1 – Abordagem do estressor na literatura	212
C.5.3 – Área de Proteção Ambiental da bacia do Rio Descoberto	213
C.5.4 - Floresta Nacional de Brasília (Flona)	213
C.5.5 - Áreas de Proteção de Manancial (APMs)	214
C.5.6 - Áreas de Proteção Permanente (APP).....	214
C.5.7 - Áreas de Reserva Legal (RL).....	215
C.5.8 - Severidade e ocorrência do estressor	215
APÊNDICE D – ESTUDO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	224
D.1 - Vegetação Nativa / Remanescente.....	224
D.2 - Agricultura	224
D.3 - Pecuária.....	224
D.4 - Silvicultura/Reflorestamento	224
D.5 - Outros usos antrópicos	225
D.6 - Corpos d'agua.....	225
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO ENCAMINHADO À CAESB.....	227
E.1 - Questões relativas ao monitoramento da disponibilidade hídrica	227
E.2 - Questões relativas ao monitoramento operacional da ETA Brazlândia	228

Introdução

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

No Brasil tem-se verificado períodos de acentuado risco de escassez de recursos hídricos em cidades dos principais Estados da federação nos últimos anos. A ausência de chuvas, associada ao crescimento populacional e econômico, alta taxa de urbanização, falta de saneamento básico e planejamento ambiental, aumento da demanda de água para irrigação, dentre outros fatores contribuem diretamente para o surgimento de conflitos pelo uso da água (CAVALCANTI; MARQUES, 2016).

O Distrito Federal (DF) está organizado, geopoliticamente, em 33 regiões administrativas, com população estimada de 3 milhões de habitantes. Nos últimos anos, observou-se, nesta unidade da federação, índices de precipitação abaixo da média histórica, fato que associado à baixa disponibilidade hídrica *per capita*, ao crescimento elevado da população, aos altos níveis de consumo em algumas regiões e falta de investimentos em infraestrutura, contribuiu para a implantação de racionamento de água nos cinco sistemas de abastecimento durante a crise hídrica 2016-2018, incluindo o sistema de abastecimento de Brazlândia (SAA Brazlândia) (DISTRITO FEDERAL, 2017a).

O SAA Brazlândia atende 48.455 habitantes da área urbana dessa região administrativa (RA) do DF, o que corresponde 90,4% do total de 53.534 habitantes, sendo formado por captações nas bacias dos córregos Barroirão e Capão da Onça. Nessas bacias desenvolveram-se atividades agrícolas, parte delas com a utilização de irrigação, gerando concorrência pelo uso dos recursos hídricos entre essa atividade e o uso urbano da RA de Brazlândia ao longo dos últimos anos (DISTRITO FEDERAL, 2017b).

Nesse cenário de potencial conflito pela água entre os usos urbano e agrícola, acentuado pela variabilidade climática, estudos que se dediquem ao tema de segurança hídrica tornam-se essenciais para o fornecimento de subsídios à gestão dos recursos hídricos.

A segurança hídrica visa à garantia do acesso à água em quantidade e qualidade para abastecimento, alimentação, preservação de ecossistemas e demais usos, associados a um nível aceitável de riscos relacionados com o abastecimento de água para as pessoas, economias e meio ambiente (ANA, 2019; TUCCI; CHAGAS, 2018).

Neste trabalho, adotou-se o conceito setorial de segurança hídrica adaptado de Melo (2016, p. 89) definido como a “a garantia de provimento de água bruta e tratada em quantidade e qualidade

suficientes para o abastecimento público, associada à gestão de risco dos fatores de insegurança da bacia hidrográfica (estressores) e à gestão das vulnerabilidades das unidades operacionais do sistema, incluindo a captação, o tratamento, a reservação e a distribuição”.

Visando aumentar a segurança hídrica de determinado sistema de abastecimento é possível atuar de modo tradicional, com a implantação de infraestrutura hídrica e adequada gestão dos recursos hídricos. Além disso, faz-se necessário incorporar novas medidas de gestão de riscos, em detrimento à gestão de crises, o que envolve conhecimento aprofundado da vulnerabilidade do ambiente diante de eventos críticos de seca ou cheia, visando à proposição de ações de adaptação para o aumento da resiliência do sistema (ANA, 2019).

Nesse sentido, o enfrentamento de períodos de escassez, especialmente em sistemas sem reservação de água, como é atualmente o sistema de Brazlândia-DF, requer além da diversificação das fontes de água e redução da demanda, o desenvolvimento de ações preditivas e de contingências, associadas à gestão de riscos de stressores da bacia hidrográfica e de ações de gestão da vulnerabilidade do sistema de abastecimento.

Tendo como foco o gerenciamento de riscos à disponibilidade da água bruta e as vulnerabilidades do sistema de abastecimento, este estudo teve como propósito responder a seguinte questão: como analisar a segurança hídrica do sistema de abastecimento de água de Brazlândia tendo por base os conceitos da gestão de risco?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho consiste em aplicar metodologia de gestão de risco para análise da segurança hídrica do sistema de abastecimento de água de Brazlândia-DF.

1.2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos foram estabelecidos:

- selecionar e adaptar metodologia de gestão de riscos que analise a segurança hídrica de sistemas urbanos de abastecimento de água;
- analisar a segurança hídrica atual do SAA Brazlândia, tendo por base a metodologia selecionada;
- identificar ações de gestão relacionadas à segurança hídrica do SAA Brazlândia;
- simular cenários de segurança hídrica do SAA Brazlândia, a partir das medidas de gestão identificadas.

1.3 Justificativa

Apesar de ser um conceito emergente, muitos trabalhos recentes abordam a temática da segurança hídrica em um contexto amplo, envolvendo o acesso à água, os usos múltiplos e ecossistêmicos (GUIMARÃES, 2017; MACHADO, 2018; SANTOS, 2016; TUCCI; CHAGAS, 2018). Outros estudos, abrangem o conceito setorial de segurança hídrica aplicado ao abastecimento público de água, demonstrando a relevância deste tema para a gestão de recursos hídricos (BERNARDELI, 2017; MELO, 2016; MELO et al., 2017; RAISER, 2019).

Historicamente, a gestão de recursos hídricos no Distrito Federal (DF) foi instituída pela Lei n. 512, de 28 de julho de 1993, que dispôs sobre a Política de Recursos Hídricos e instituiu o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH/DF. Porém, a citada Lei foi revogada pela Lei n. 2.725, de 13 de junho de 2001, a qual incorporou os mesmos fundamentos, objetivos, diretrizes, instrumentos e organização estabelecidos no âmbito nacional pela Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997 (DISTRITO FEDERAL, 1993a, 2001).

O SIGRH/DF apresentou evolução nos últimos anos, com edição de relevantes normas¹ pelo órgão gestor, a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico (Adasa), a efetivação do Conselho de Recursos Hídricos do DF (CRH-DF) e dos Comitês de Bacia Hidrográfica. Importantes instrumentos de gestão também vêm sendo consolidados, dentre estes os Planos de Recursos Hídricos por Bacias Hidrográficas, a Outorga de Direito de Uso, a Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos, o Enquadramento dos corpos de água em classes e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Entretanto, constitui-se um desafio a ampliação da integração da política de recursos hídricos com outras políticas públicas diretamente relacionadas, tais como a política de saneamento básico, meio ambiente e o ordenamento territorial, que permita gestão mais abrangente voltada ao gerenciamento de riscos e a segurança hídrica, em especial àquela voltada à segurança dos sistemas de abastecimento urbano.

O sistema de abastecimento urbano de água do DF é composto por cinco subsistemas principais, sendo: (i) Torto/Santa Maria; (ii) Descoberto; (iii) Brazlândia; (iv) Sobradinho/Planaltina e (iv) São Sebastião. Os sistemas Descoberto e Torto/Santa Maria operam de forma conjunta (Sistemas Integrados), enquanto que os demais sistemas, Brazlândia,

¹As principais normas regulatórias elaboradas pela Agência Reguladora (Adasa) são relacionadas no Capítulo 3 deste trabalho e estão disponíveis em: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacao/resolucoes-adasa>. Acesso em 23 jul 2019.

Sobradinho/Planaltina e São Sebastião, operam atualmente de forma segregada ou com pouca integração e denominam-se sistemas isolados (ADASA, 2018a).

Todos estes sistemas sofreram racionamento de água durante a crise hídrica ocorrida entre 2016 e 2018, evidenciando a necessidade de estudos que abordem a segurança hídrica para abastecimento urbano nesta unidade da federação associada à gestão de riscos.

Não obstante a amplitude da crise, alcançando ambos os sistemas integrados e isolados, o sistema de abastecimento de água de Brazlândia destaca-se como relevante objeto de estudo de gestão associada à segurança hídrica para abastecimento urbano, tendo em vista os seguintes fatos (DISTRITO FEDERAL, 2017b):

- ser componente dos sistemas isolados de abastecimento, sendo, atualmente, o único sistema sem nenhuma interligação aos sistemas Descoberto e Torto/Santa Maria (sistemas integrados);
- ser composto por captações a fio d'água, com captação de água direta no corpo hídrico;
- apresentar recorrentes interrupções no sistema de abastecimento ao longo dos últimos anos, que culminaram em medidas restritivas de consumo impostas à população no período de 2016 a 2018.

1.4 Estrutura da pesquisa

Visando atingir os objetivos propostos, este trabalho está estruturado em 7 capítulos, a fim de proporcionar melhor apresentação dos temas correlatos. Neste Capítulo 1 apresentou-se a introdução, os objetivos e a justificativa da pesquisa.

No Capítulo 2, foi realizada a revisão da literatura sobre o tema segurança hídrica, sistematizada da seguinte forma: (i) levantou-se o arcabouço teórico sobre segurança hídrica e como este conceito tem sido aplicado no contexto dos usos múltiplos dos recursos hídricos; (ii) foram levantados conceitos de gestão de risco associados e aplicados à segurança hídrica; (iii) foi analisado o conceito de segurança hídrica com recorte setorial ao abastecimento urbano de água; (iv) foram levantados os estudos sobre avaliação de segurança hídrica para abastecimento urbano presentes na literatura especializada.

No Capítulo 3, buscou-se a caracterização da gestão dos recursos hídricos e dos serviços de saneamento básico do DF com a finalidade de identificar a estrutura de governança, os instrumentos de gestão e as principais normas elaboradas relacionadas à segurança hídrica para abastecimento urbano.

No Capítulo 4, foi realizada análise da gestão da crise hídrica vivenciada no DF entre 2016-2018, nos sistemas integrados e isolados, com o objetivo de levantar ações de governança e de gestão aplicadas à segurança hídrica desses sistemas, em especial do SAA Brazlândia.

Em seguida, no Capítulo 5 descreveu-se a metodologia da pesquisa, envolvendo a caracterização e delimitação da área de estudo, seleção e descrição do modelo de avaliação da segurança hídrica, assim como os procedimentos de coleta, tratamento e análise dos dados necessários à aplicação do modelo de avaliação selecionado.

No Capítulo 6 foi realizada a avaliação da segurança hídrica, tendo por base a análise de risco dos estressores da água bruta e as vulnerabilidades do sistema de abastecimento, bem como levantadas ações de gestão já implantadas ou em andamento/previstas com impacto sobre a segurança hídrica do SAA Brazlândia. Ainda neste capítulo, foram simulados cenários de segurança hídrica, a partir das ações de gestão identificadas e o nível atual e futuro de segurança hídrica.

Por fim, no Capítulo 7, foram apresentadas as considerações finais do trabalho.

Na **Figura 1** demonstra-se de forma esquematizada a estrutura da pesquisa.

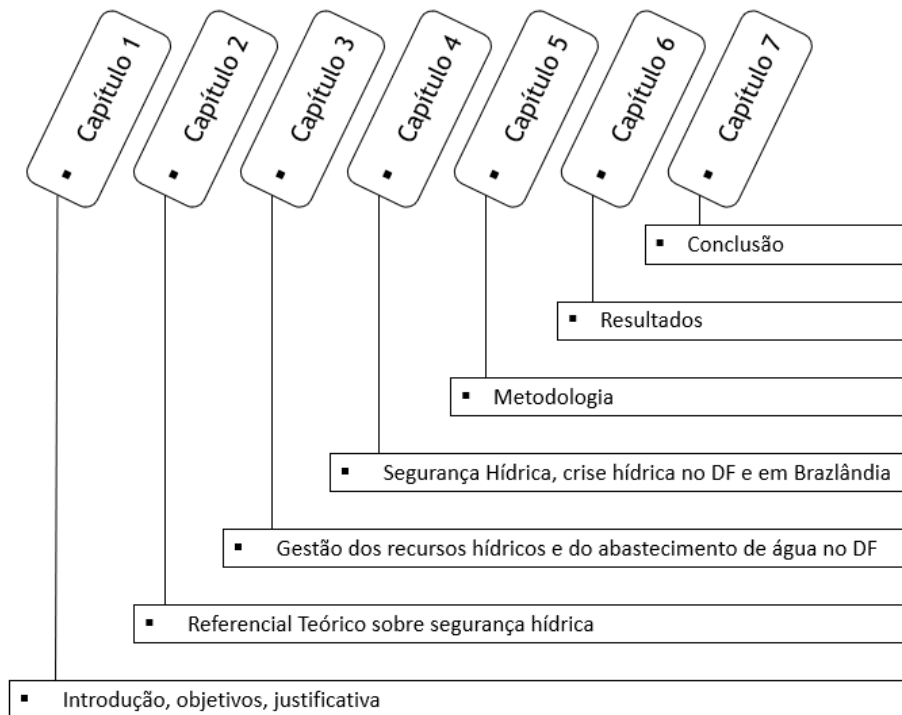


Figura 1 – Estrutura da pesquisa

Referencial Teórico

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pesquisa Bibliográfica

Com o propósito de analisar como os termos “segurança hídrica”, “segurança hídrica para abastecimento urbano” e “segurança hídrica e gestão de riscos” têm sido conceituados e abordados na literatura especializada, bem como os conceitos associados e os modelos adotados para sua avaliação, foi utilizada a técnica de pesquisa bibliográfica por meio do levantamento sistemático de artigos científicos e trabalhos acadêmicos nas principais bases de dados e bibliotecas. Adicionalmente, foi realizado levantamento sobre os instrumentos de gestão de recursos hídricos e de saneamento básico e mecanismos de gestão de crise hídrica em Brasília e no DF. As etapas para realização da referida pesquisa bibliográfica, constam no Apêndice A.

Conforme recomendado por Creswell (2010, p. 66) foi utilizado o recurso de mapa da literatura que consiste em “um resumo visual da pesquisa bibliográfica”. Esse recurso foi empregado de modo a facilitar a visualização dos principais trabalhos selecionados para levantamento do referencial teórico desta pesquisa, conforme observado na **Figura 2**.

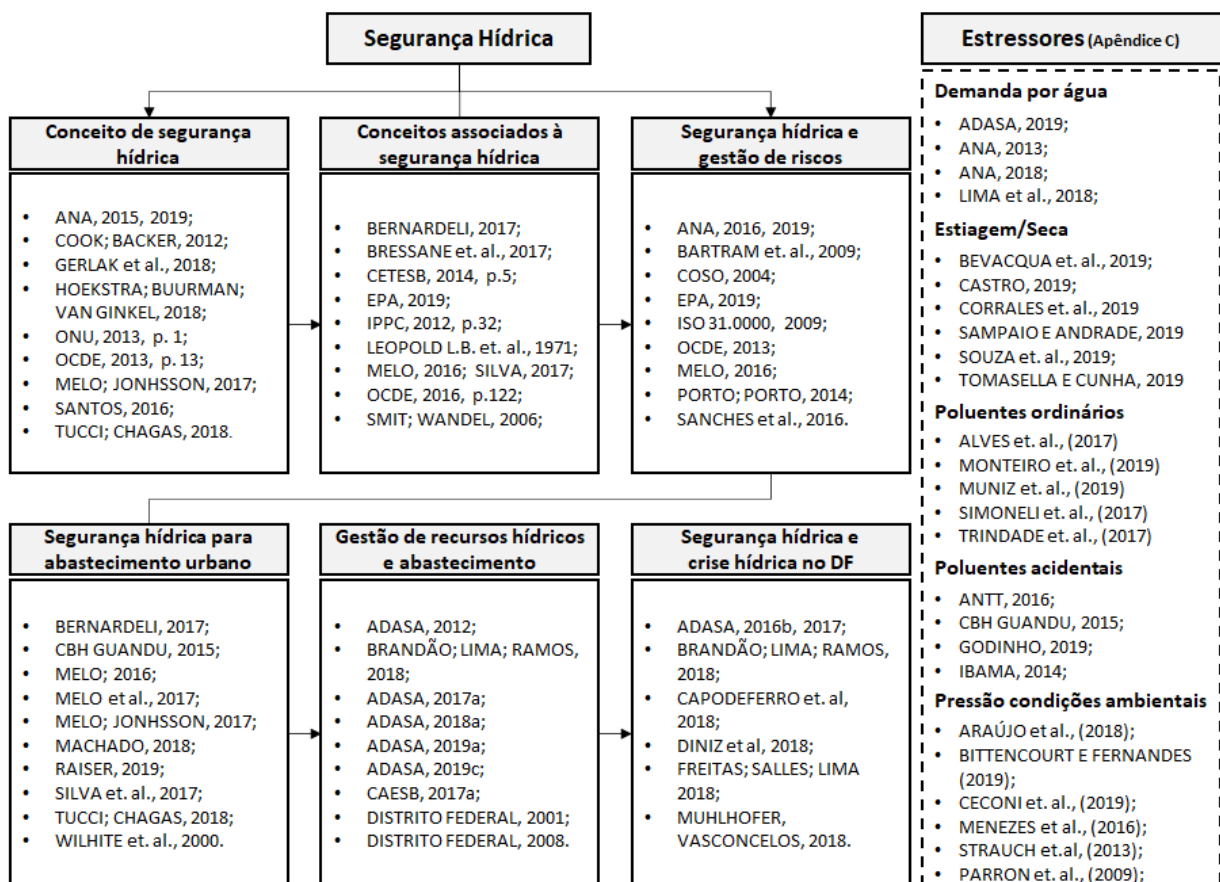


Figura 2 – Mapa de literatura

Fonte: o autor

2.2 Conceito de segurança hídrica

No contexto das mudanças climáticas, o conceito de “segurança hídrica” tem surgido como forma de orientar a gestão dos recursos hídricos à resultados efetivos que garantam a disponibilidade de água, os usos múltiplos e o alcance das expectativas da sociedade, além de protegê-la contra os efeitos negativos dos eventos hidrológicos extremos (MELO; JONHSSON, 2017).

No âmbito internacional, o conceito de segurança hídrica começou a ser discutido na década de 1990, mas o assunto passou a ser objeto de maior número de publicações, especialmente após o ano 2000 (BAKKER, 2012). Esse crescimento pode ser explicado por dois fatores principais: (i) o reconhecimento do acesso à água potável e limpa como direito humano; e (ii) a introdução de uma acepção mais integrativa do conceito de segurança hídrica, com a realização do Segundo Fórum Mundial do Global Water Partnership (GWP) em 2002 (SANTOS, 2016).

Para a Organização das Nações Unidas, a segurança hídrica pode ser definida como “a capacidade da população de garantir o acesso seguro e sustentável a quantidades adequadas de água com qualidade aceitável para sustentar os meios de subsistência, o bem-estar humano e o desenvolvimento socioeconômico, assegurar a proteção contra a poluição da água e os desastres a esta relacionados e a preservação dos ecossistemas em clima de paz e estabilidade política” (ONU, 2013, p. 1).

O conceito adotado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) introduziu os termos gerenciamento de riscos e resiliência, sendo: “segurança hídrica é gerir riscos associados à água, incluindo de escassez, de excesso e de poluição da água, assim como os riscos de enfraquecer ou debilitar a resiliência dos sistemas de água doce” (OCDE, 2013, p. 13).

Segundo Tucci e Chagas (2018), a segurança hídrica analisa os riscos da gestão sustentável da água quanto à oferta, em quantidade e qualidade, impactos sobre a sociedade, na infraestrutura e nos ambientes, os quais estão diretamente relacionados com a vulnerabilidade às condições climáticas, da sociedade e do meio ambiente. O termo segurança hídrica pode ser considerado amplo, englobando os termos “integrado”, “sustentável” e “adaptável” (HOEKSTRA; BUURMAN; VAN GINKEL, 2018).

A literatura científica traz uma abordagem ampla sobre o significado de segurança hídrica, com pontos em comum, tais como: a garantia de provimento de água, proteção contra desastres relacionados à água e, mais recentemente, a proteção de ecossistemas aquáticos. Destaca-se, ainda,

na literatura especializada, que a abordagem “segurança hídrica” no sistema de gestão de recursos hídricos se relaciona a modelo de gestão baseado em metas associadas aos resultados propostos pelo próprio conceito: minimizar a escassez, tratar o excesso e estabelecer a qualidade adequada da água para os diversos usos em uma bacia hidrográfica (MELO; JONHSSON, 2017).

No **Quadro 1** apresentam-se os principais conceitos do termo “segurança hídrica” abordados na literatura.

Quadro 1 – Principais conceitos de segurança hídrica adotados na literatura

Autor	Conceito de segurança hídrica
ONU, 2013	A capacidade de uma população de salvar o acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade para garantir meios de sobrevivência, o bem estar humano, o desenvolvimento socioeconômico; para assegurar proteção contra poluição e desastres relacionados à água, e para preservação de ecossistemas em clima de paz e estabilidade política.
OCDE, 2013	Segurança hídrica é gerir riscos associados à água, incluindo riscos de armazenamento de água, excesso, poluição e riscos enfraquecer ou debilitar a resiliência dos sistemas de água doce.
Global Water Partnership – GWP, 2014	A essência da segurança hídrica é que o interesse pelo recurso base está acompanhado do interesse ao serviço que explora ou utiliza o recurso base, como o uso humano, agricultura, atividades econômicas e proteção ambiental. Ambos aspectos qualidade e quantidade de água devem ser consideradas, uma vez que a qualidade afeta o valor da água e o impacto ao meio ambiente. Segurança hídrica significa aproveitar o potencial da água e combater os efeitos destrutivos da água, ou seja, os danos causados por inundações, secas, deslizamentos de terra, erosão, poluição e doenças transmitidas pela água.
World Water Council, 2013	Inicialmente, consiste na garantia de necessidades essenciais do dia a dia, como saúde e alimento: água para produzir produtos alimentícios e melhorar rendimentos agrícolas; água limpa e segura para ajudar a reduzir doenças transmitidas pela água que continuam a ser uma das principais causas de morte. Em seguida, segurança hídrica consiste na garantia de segurança econômica e social para produção de bens e serviços necessários ao desenvolvimento e aumento da qualidade de vida. Segurança hídrica também abrange a segurança ecológica para retornar a natureza o papel essencial da água para preservação da biodiversidade e manutenção de ecossistemas.
Bakker, 2012	Segurança hídrica inclui o enfoque conceitual sobre a vulnerabilidade, risco e resiliência; ênfase em ameaças, choques e pontos de ruptura; e enfoque na gestão adaptativa dada a previsibilidade limitada dos sistemas hidrológicos. Notavelmente, a investigação sobre segurança hídrica também enfatiza o desafio político: alcançar metas econômicas e objetivos de desenvolvimento sustentável.
Tucci; Chagas, 2018	A segurança hídrica analisa os riscos da gestão sustentável da água quanto a oferta, em quantidade e qualidade, impactos sobre a sociedade, na infraestrutura e nos ambientes, os quais estão diretamente relacionados com a vulnerabilidade às condições climáticas, da sociedade e do meio ambiente.

Fonte: adaptado de Melo; Jonhsson (2017)

Cook e Bakker (2012) apontam que uma perspectiva ampla e integrada do conceito de “segurança hídrica” que se estende além das medidas de quantidade e qualidade da água é mais propícia à boa governança, e pode ser considerada benéfica para a busca pela segurança hídrica.

Gerlak *et al.* (2018) destacam que a variação como o termo “segurança hídrica” é utilizado em diferentes regiões e escalas temporais demonstra a importância da incorporação do contexto

local na abordagem do estudo a ser realizado. Para isso, é preciso avaliar a diversidade e utilidade das análises sobre segurança hídrica e adaptar o escopo e formulação de políticas públicas de níveis gerais para locais.

O Brasil passou a posicionar-se estrategicamente sobre o tema segurança hídrica somente no ano de 2012, quando deu início a concepção do Plano de Segurança Hídrica Nacional (PNSH) (SANTOS, 2016), assim como após a crise hídrica vivenciada pelas principais cidades do sudeste brasileiro, em particular a cidade de São Paulo em 2014 (MELO; JONHSSON, 2017).

A definição de segurança hídrica adotada no Brasil se assemelha àquela da OCDE, sendo “disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias, devendo ser consideradas as suas quatro dimensões (humana, econômica, ecossistêmica, resiliência) como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um país” (ANA, 2019).

O conceito de segurança hídrica pode ser desmembrado em quatro dimensões (**Figura 3**): (1) humana: garantia do acesso à água adequada às necessidades básicas e bem-estar da população²; (2) econômica: garantia de suprimento de água para atividades produtivas e usos múltiplos; (3) ecossistêmica: preservação de ecossistemas e da água em benefício da natureza e das pessoas; e (4) resiliência: resposta à eventos extremos, como secas e inundações (ONU, 2019).

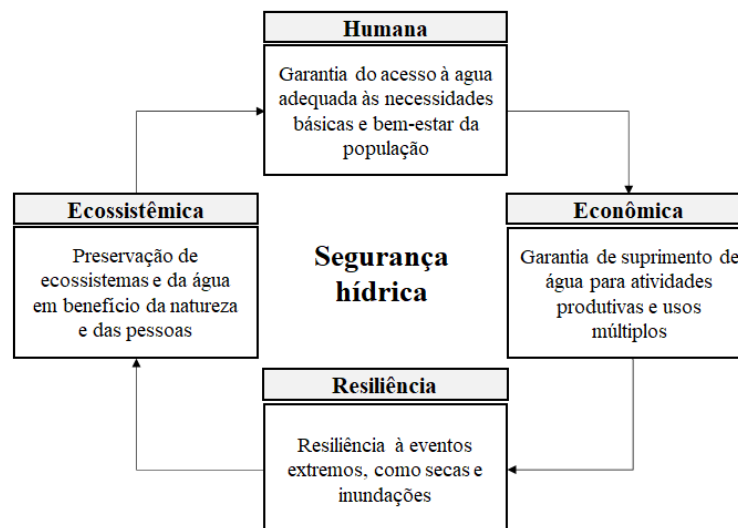


Figura 3 – Dimensões do contexto da segurança hídrica
Fonte: adaptado de ONU (2019)

² O enfoque setorial da segurança hídrica de zonas urbanas objeto deste estudo se relaciona com as dimensões humana e de resiliência, ou seja, não aborda as dimensões ecossistêmica e econômica. Essa visão setorial é uma simplificação do conceito de segurança hídrica que permite análise da dimensão humana em uma escala menor e, portanto, com maior especificidade. Porém, estudos complementares devem ser realizados para as outras dimensões visando garantir a segurança hídrica para todos os usos da água verificados na bacia hidrográfica.

As dimensões humana e econômica permitem quantificar os déficits de atendimento às demandas efetivas (abastecimento humano e setor produtivo) e riscos associados, enquanto que as demais dimensões, ecossistêmica e de resiliência, possibilitam identificar as áreas críticas e vulneráveis (ANA, 2019).

2.3 Conceitos associados à segurança hídrica

Conforme abordado no tópico anterior, o conceito de segurança hídrica está associado diretamente aos conceitos de risco³ e vulnerabilidade⁴ e, indiretamente a outros conceitos relacionados a estes, tais como severidade, probabilidade de ocorrência, exposição, sensibilidade, dentre outros. Pode-se dizer que a “segurança hídrica” analisa a gestão sustentável da água quanto a oferta, em quantidade e qualidade suficientes, para o atendimento das necessidades humanas, atividades econômicas e a conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de nível aceitável de “risco” frente aos eventos extremos de secas e cheias, considerada a “vulnerabilidade” do ambiente, sociedade e infraestrutura hídrica.

Assim como o conceito de segurança hídrica, há várias maneiras de definir risco e vulnerabilidade, desenvolvidos pelas diferentes disciplinas do conhecimento científico para tratar seus objetos, como nas Ciências Naturais e Exatas (Biologia e Ecologia), Ciências da Saúde (Medicina, Epidemiologia) e das Ciências Sociais e Humanas (Economia, Sociologia, Política, Psicologia) cujas abordagem se dão através de perspectivas diferenciadas (JANCZURA, 2012).

Yunes e Szymanski (2001) apud Janczura (2012), destacam que, às vezes, o conceito de vulnerabilidade é aplicado erroneamente no lugar de risco, pois são dois conceitos distintos. Contudo, ressaltam que existe uma importante relação entre vulnerabilidade e risco: a vulnerabilidade opera apenas quando o risco está presente; sem risco, a vulnerabilidade não tem efeito. Em outras palavras, a “vulnerabilidade” é uma categoria de análise que deriva diretamente da ideia de “risco” (MARANDOLA, 2009).

2.3.1 Estressores, impacto ambiental e avaliação de impacto ambiental

De acordo com a definição da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), “estressor” pode ser considerado como fator químico, físico ou biológico que pode induzir uma

³ Risco é um substantivo masculino que tem diferentes acepções, embora o significado predominante seja a possibilidade ou probabilidade de que algo pode acontecer; faz referência à proximidade ou contingência de um possível dano.

⁴ A palavra vulnerável origina-se do verbo latim vulnerare, que significa ferir, penetrar. Por essas raízes etimológicas, vulnerabilidade é um termo geralmente usado na referência de susceptibilidade ao estresse ou predisposição às desordens.

resposta adversa, afetando negativamente recursos naturais específicos ou ecossistemas inteiros, incluindo plantas, animais e o ambiente no qual estes interagem (EPA, 2019).

O termo “estressor” pode ainda ser definido como o fator indutor de estresses e impactos sobre a quantidade ou qualidade da água bruta no ponto de captação, podendo pressionar ou afetar o sistema de abastecimento público nos seus componentes de captação e tratamento (BERNARDELI, 2017; MELO, 2016; SILVA, 2017).

Impacto é qualquer alteração significativa favorável ou desfavorável produzida por um produto, processo, ação ou atividade humana e, se esta alteração incide sobre o meio ambiente, chama-se impacto ambiental (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

De acordo com a Resolução CONAMA n. 1, de 23 de janeiro de 1986, art. 1º, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

A constatação das consequências das atividades antrópicas, em geral negativas, ao meio ambiente, fez com que fossem criadas normas e condições básicas de licenciamento de um empreendimento, em determinada área e período de tempo, para que não cause danos e preserve os recursos naturais. Para determinar os impactos causados pelas ações antrópicas surgiu a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)⁵, instrumento consagrado na Política Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1986), sendo encontrados diversos métodos de AIA no Brasil (CREMONEZ et al., 2014; DUARTE; DIBO; SÁNCHEZ, 2017).

As análises de impacto ambiental requerem a definição de dois atributos do impacto que cada ação antrópica pode causar no meio ambiente: magnitude e importância. Magnitude no sentido de grau de alteração (extensão ou escala espaço-temporal) provocado por determinada ação antrópica sobre o fator ambiental. E, o grau de importância é o peso relativo (significância) de uma ação particular sobre o fator ambiental, no caso específico em análise. Ainda, a importância de cada ação antrópica deve levar em consideração as consequências da alteração (impacto) na condição específica de outros fatores do meio no ambiente (LEOPOLD L.B. et al., 1971).

⁵ Avalia-se o impacto de um projeto sobre o meio ambiente pela diferença entre a situação do meio ambiente futuro modificado, tal como resultaria depois de uma dada interferência e a situação do meio ambiente futuro, tal como teria evoluído normalmente sem tal atuação.

Ao contrário da magnitude do impacto, que pode ser mais prontamente avaliado com base em fatos (objetiva, empírica), geralmente, a avaliação da importância do impacto é baseada no julgamento de valor do avaliador (subjetiva, normativa). Contudo, os valores numéricos de magnitude e importância do impacto devem refletir as melhores estimativas de pertinência de cada ação (LEOPOLD L.B. et al., 1971).

Bressane et al. (2017) avaliaram o impacto ambiental por meio de índice global de impacto (IGI), construído pela sistematização de operações matemáticas de magnitude (μ) e importância (i), cujo equacionamento indica a significância (σ) do impacto. A quantificação da magnitude do impacto corresponde à ponderação dos parâmetros de duração, extensão e intensidade. Da mesma forma, a qualificação da importância é dada pela ponderação dos parâmetros de acumulação, reversibilidade e sensibilidade. A significância do impacto é, portanto, o produto da magnitude pela importância. O alinhamento conceitual é apresentado no **Quadro 2**.

Quadro 2 – Alinhamento conceitual dos parâmetros de magnitude, importância e significância.

Parâmetro	Alinhamento Conceitual
Magnitude	Característica do impacto relacionada à quantificação dos efeitos sobre o meio ambiente em termos de duração e intensidade;
Duração	Quantificação da amplitude temporal do impacto; tempo de permanência;
Extensão	Quantificação da abrangência espacial; território atingido;
Intensidade	Quantificação do nível de alteração da característica ambiental; grau de modificação;
Importância	Característica do impacto relacionada à qualificação dos efeitos sobre o meio ambiente, em termos de acumulação, reversibilidade e sensibilidade
Acumulação	Qualificação quanto à possibilidade de melhoria ou agravamento das alterações;
Reversibilidade	Qualificação quanto à capacidade de retorno a uma situação de equilíbrio ambiental;
Sensibilidade	Qualificação quanto à tolerância às alterações considerando a condição atual;
Significância	Síntese da análise de impactos ambientais pela integração dos parâmetros quantitativos e qualitativos;

Fonte: Brassane et al. (2017)

O impacto ambiental pode ser positivo ou negativo. Mas, o impacto ambiental de um estressor é sempre negativo, adverso. A avaliação de risco inclui sempre o conceito de probabilidade (frequência de ocorrência), enquanto a avaliação de impacto ambiental não, necessariamente.

2.3.2 Riscos, severidade e probabilidade de ocorrência

O termo “risco” pode ser definido como “consequência incerta de evento ou atividade em relação a algo que possui valor” (OCDE, 2013, p. 122). Tais consequências podem ser positivas ou negativas, dependendo dos valores associados pelas pessoas (ISO, 2009).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) conceitua “risco” como a probabilidade de efeitos nocivos à saúde humana ou a sistemas ecológicos decorrentes da exposição a estressores ambientais (EPA, 2019). No mesmo sentido, a CETESB (2014, p. 5) conceitua risco como “medida de danos à vida humana, resultante da combinação entre frequência de ocorrência de um ou mais cenários acidentais e a magnitude⁶ dos efeitos físicos associados a esses cenários”.

O termo “Risco” pode ser definido como produto das propriedades severidade e probabilidade de ocorrência de efeitos adversos (CONVEY, 1982⁷ apud BRILHANTE; CALDAS, 1999), portanto, uma maneira de expressar o risco, matematicamente, é por intermédio do uso da severidade do impacto e probabilidade de ocorrência⁸ do evento (ISO, 2009).

Em relação ao abastecimento público, o conceito de risco está associado a impactos potenciais sobre a qualidade e quantidade da água bruta, resultantes da exposição a um ou mais estressores presentes na bacia hidrográfica e que podem ocasionar interrupções no fornecimento destes serviços para a população (MELO et al., 2017).

A propriedade “severidade” ou “consequência” é o resultado de um evento que afeta o sistema, podendo ser expressa qualitativa ou quantitativamente, com efeitos positivos ou negativos (ISO, 2009). No sistema de abastecimento, esta propriedade avalia o efeito/impacto adverso⁹ do estressor, de modo qualitativo ou quantitativo, na disponibilidade de água da bacia em estudo (MELO, 2016).

Na terminologia de gerenciamento de riscos, a palavra "probabilidade" é usada para se referir à chance de algo acontecer, definido, medido ou determinado de forma objetiva ou subjetiva, qualitativa ou quantitativa, e descrito usando termos gerais ou matematicamente (ISO, 2009). No caso do sistema de abastecimento a propriedade “probabilidade de ocorrência” descreve

⁶ Magnitude: corresponde ao nível do risco, expressa em termos da combinação das consequências e de suas probabilidades (ISO, 2009).

⁷ CONWAY, R. A. Introduction to environmental risk analysis. In: Environmental Risk Analysis for Chemicals. New York: van Nostand Reinhold Company, 1982. chapter 1. p. 1-30.

⁸ Teoricamente, um evento impossível de acontecer tem probabilidade igual a zero, ao passo que um evento certo de acontecer tem probabilidade igual a 1. Todos os outros casos se situam entre esses dois números, entre os números zero e 1 (um). Contudo, é impossível eliminar o risco (BRILHANTE, 1999), mas a probabilidade do "risco" pode ser estimada e gerenciada (OCDE, 2013). Eventualmente, podemos diminuir o risco, reduzindo a frequência de ocorrência e, também, a severidade do impacto.

⁹ Os efeitos/impactos adversos dos estressores “Demanda por água”, “Estiagem/Seca”; “Poluentes ordinários”, “Poluentes acidentais” e “Pressão sobre as condições ambientais” considerados neste estudo foram, respectivamente: escassez crônica, escassez aguda, poluição crônica e poluição acidental.

a frequência com que os efeitos/impactos adversos dos estressores ameaçam a segurança hídrica (MELO, 2016).

2.3.3 Vulnerabilidade, exposição e sensibilidade

O uso científico do termo “vulnerabilidade” tem suas origens na pesquisa sobre riscos naturais e geografia, mas é, atualmente, um conceito central em vários outros contextos de pesquisa, como ecologia, saúde pública, pobreza e desenvolvimento, sustentabilidade, mudança do uso e ocupação do solo e adaptação climática (FÜSSEL, 2007).

A Política Nacional sobre Mudança do Clima, instituída pela Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009, conceitua o termo “vulnerabilidade” como o grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos¹⁰, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto (BRASIL, 2009).

Para o IPCC (2012, p. 32) vulnerabilidade é a “propensão ou predisposição de determinado sistema ser afetado adversamente”. No campo do risco de desastre, o termo inclui as características de pessoa ou grupo e sua situação que influencia sua capacidade de antecipar, lidar, resistir e se recuperar dos efeitos adversos de eventos físicos. Constitui-se em conceito dinâmico, variando nas escalas temporal e espacial e depende de fatores econômicos, sociais, geográficos, demográficos, culturais, institucionais e de governança¹¹.

A “vulnerabilidade” a evento crítico é a incapacidade do sistema (população e ambiente) de retornar as condições prévias a ocorrência do evento. A vulnerabilidade também pode ser entendida como a incapacidade existente de atendimento da demanda hídrica ou da proteção da população a evento crítico para determinado tempo de retorno ou probabilidade. Esta aumenta com a pobreza, falta de fundos e de instituições para atuar na prevenção, previsão e recuperação dos eventos críticos (TUCCI; CHAGAS, 2018).

Conforme o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), a vulnerabilidade a determinado evento crítico é elemento chave quando se avalia risco ou segurança, tendo em vista

¹⁰ Evento crítico ou extremos: são os extremos de cheia ou seca, em que ocorrem chuvas torrenciais que ultrapassam a capacidade dos cursos d'água provocando inundações, ou quando as chuvas e o escoamento superficial cessam por longos períodos. São fenômenos naturais que podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente (ANA, 2017).

¹¹ O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) é o órgão das Nações Unidas para avaliar a ciência relacionada às mudanças climáticas.

que a população depende da água para a sobrevivência e para as atividades econômicas, estando exposta à ocorrência de eventos críticos, cabendo, neste caso, medidas de engenharia e de gestão de risco para reduzir tal vulnerabilidade (ANA, 2019).

O conceito de vulnerabilidade está relacionado à exposição (natureza e grau em que um sistema experimenta estresses ambientais; por exemplo, estiagem e inundação) e à sensibilidade (grau em que um sistema é afetado, de forma positiva ou negativa; tal como a qualidade de água em um ponto de captação (NOGUEIRA; FORMIGA-JOHNSSON; RABER, 2011).

A exposição pode, também, ser definida como a presença de pessoas, serviços e recursos ambientais ou ativos de infraestrutura, econômica, social ou cultural em locais que podem ser afetados adversamente (IPCC, 2012). Para Porto e Porto (2014) a exposição está relacionada à posição geográfica ou localização das pessoas ou bens sujeitos aos danos, referindo-se também à maior ou menor susceptibilidade do sistema em relação aos eventos críticos.

Dessa forma, a exposição provém de uma perturbação no sistema, de origem externa a ele. A sensibilidade, por sua vez, engloba as características internas que tornam o sistema mais ou menos suscetível a um determinado estímulo, referindo-se a propensão do sistema em ser afetado e impactado, quando exposto a um distúrbio. Se a sensibilidade do sistema é baixa, podem ser admitidas falhas maiores, mas se a sensibilidade é alta, não se devem admitir riscos muito grandes (ANA, 2016).

Smit e Wandel (2006) apontam que a vulnerabilidade de qualquer sistema é função da exposição e sensibilidade desse sistema a condições de perigo e da capacidade ou resiliência do sistema de lidar, adaptar ou recuperar-se dos efeitos dessas condições. Nesse sentido, a exposição e sensibilidade do sistema a um risco de mudança ambiental (por exemplo, seca) reflete a propensão do sistema em sofrer os efeitos adversos do estressor (escassez aguda no caso da seca) quando exposto a estes, estando diretamente ligadas ao conceito de capacidade adaptativa.

2.3.4 Capacidade adaptativa e resiliência

O grau de exposição e sensibilidade do sistema dependem da sua capacidade adaptativa, ou seja, a capacidade de um determinado sistema (i) de se ajustar a um estresse atual ou esperado, (ii) de moderar os danos potenciais gerados por esse estresse, ou (iii) de lidar com as consequências do estresse, por exemplo, utilização de tecnologias avançadas para tratamento de água (NOGUEIRA; FORMIGA-JOHNSSON; RABER, 2011).

Smit e Wandel (2006) definem “capacidade adaptativa” como a capacidade do sistema de se adaptar para se tornar menos vulnerável, sendo moldado pela interação de forças ambientais, sociais, culturais, políticas e econômicas que determinam a vulnerabilidade através de exposições e sensibilidades, e pela maneira como os componentes do sistema estão reagindo internamente aos eventos.

Silva (2017) ao estudar a segurança hídrica dos sistemas de abastecimento de municípios fluminenses da bacia do rio pomba define “capacidade adaptativa” como uma função da resiliência e inversamente proporcional a vulnerabilidade do sistema. Quanto mais vulnerável o sistema, maiores os danos e impactos associados. A resiliência por sua vez, implica em uma alta capacidade de respostas e de adaptação aos eventos críticos, o que implica em uma maior capacidade adaptativa.

Ainda segundo Silva (2017) em regiões nas quais os recursos hídricos são influenciados pela ação de estressores e os sistemas de abastecimento urbano de água não apresentam uma capacidade adaptativa adequada as pressões atuantes sobre o sistema, resultantes da ação dos estressores, este se torna mais vulnerável a danos de alta magnitude. Neste caso, interrupções e piora na de qualidade dos serviços de abastecimento tendem a ser frequentes, tendo em vista que a resiliência do sistema a fatores externos é baixa.

O termo “resiliência” pode ser definido como a capacidade do sistema e seus componentes de antecipar, absorver, acomodar ou recuperar-se dos efeitos de um evento de maneira oportuna e eficiente, inclusive garantindo a preservação, restauração ou melhoria de suas estruturas e funções básicas essenciais (IPCC, 2012, p. 34).

A “resiliência” pode ser definida como a quantidade de mudança que determinado sistema pode suportar, mantendo suas funções vitais, quando em contato com estressores e riscos associados a fatores climáticos ou não-climáticos. Pode ser entendida também, como a recuperação e reorganização do sistema após impactos e transformações drásticas (SILVA, 2017, p. 37).

Para Porto e Porto (2014) “resiliência” é a propriedade mecânica dos materiais de não sofrer ruptura e retornar à condição anterior após sofrer uma condição de grande estresse. Nesse contexto, uma cidade resiliente é aquela que tem a capacidade de oferecer a seus habitantes a retomada à vida normal mesmo após situação de grande estresse, sendo a água um fator que tem importância na resiliência das cidades, tanto por seu excesso, como por sua falta.

De certa forma, vulnerabilidade é o inverso da resiliência, quanto maior a vulnerabilidade menor será a resiliência. Os sistemas precisam, portanto, de adaptações que visem diminuir a vulnerabilidade e a aumentar a resiliência aos estressores a que estão expostos.

2.4 Segurança hídrica no contexto nacional

A Política Nacional de Recursos Hídricos possui, dentre seus objetivos, a prevenção e a defesa contra eventos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, sendo que, em situações de escassez, a água deve ser destinada, prioritariamente, ao consumo humano e a dessedentação de animais. Porém, de forma complementar, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas (BRASIL, 1997).

Em fato recente, o sudeste brasileiro passou por processo de crise hídrica, expondo a fragilidade do sistema de recursos hídricos em dar resposta efetiva à garantia de acesso a água em períodos prolongados de escassez, o que fez emergir, nas esferas políticas e institucionais, a discussão sobre segurança hídrica (MELO; JONHSSON, 2017).

Tucci e Chagas (2018) destacam dois grupos de cenários para a segurança hídrica, esquematizados na **Figura 4** e descritos a seguir:

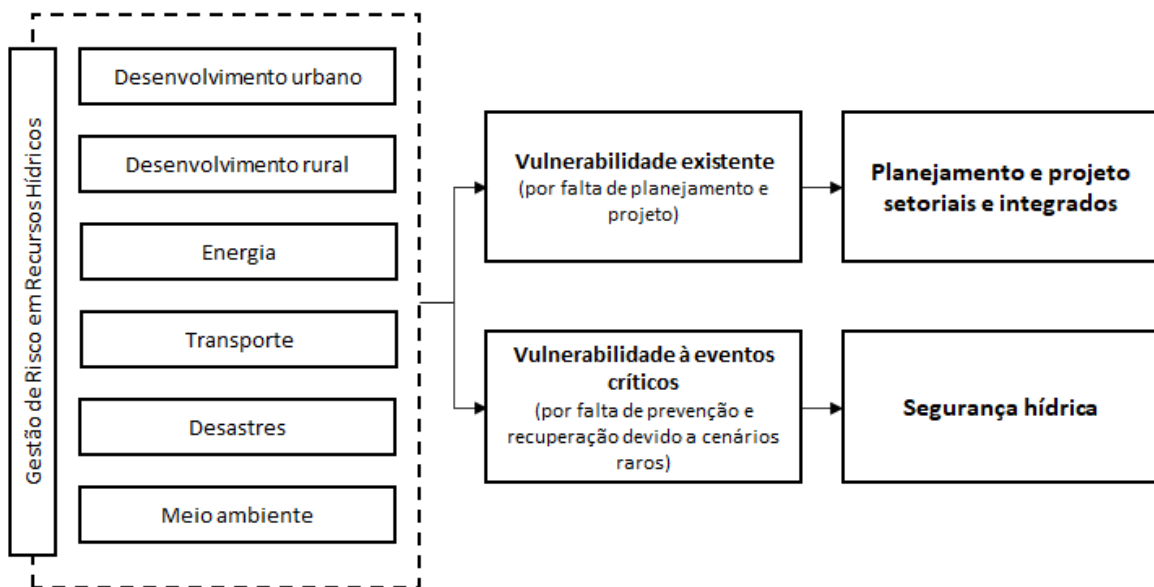


Figura 4 – Estrutura da gestão de recursos hídricos e segurança hídrica

Fonte: Tucci; Chagas (2018)

- i. vulnerabilidade por falta de projeto (existente): vulnerabilidades existentes com relação a falta de planos, programas e projetos setoriais ou integrados para atendimento da escassez, qualidade da água e eventos críticos dentro de probabilidades aceitáveis;
- ii. vulnerabilidades na emergência (eventos críticos): são ações relacionadas à prevenção e à emergência a eventos críticos relacionados com a disponibilidade

hídrica para uso humano, as inundações e condições críticas ambientais para probabilidades menores que as de projeto.

Conforme o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas, em muitas regiões metropolitanas brasileiras, os mananciais explorados não são suficientes para atendimento das demandas futuras, sendo necessárias adequações estruturais e operacionais nos sistemas de abastecimento, visando redução das vulnerabilidades. Em alguns casos, a disponibilidade hídrica local precisa ser reforçada por transferências de vazões de bacias hidrográficas vizinhas, exigindo articulação setorial e a operação de complexa infraestrutura para a garantia da oferta de água (ANA, 2017).

Segundo a ANA, o investimento em infraestrutura com foco na segurança hídrica deve ser priorizado, de forma a garantir maior capacidade de reservação e de acesso à água. Diante deste quadro, a Agência, em parceria com o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), elaborou, em 2019, o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), buscando definir as principais intervenções de recursos hídricos estruturantes e estratégicas para assegurar a segurança hídrica e reduzir os riscos associados a eventos críticos de secas e de cheias, tendo horizonte de planejamento até 2035 (ANA, 2019).

O foco do PNSH está direcionado aos grandes problemas de segurança hídrica nacional, caracterizados pelo não atendimento a demandas efetivas (existentes e projetadas). As análises realizadas privilegiaram visão ampla e integrada, de forma a selecionar um conjunto de intervenções estruturantes que garantam resultados permanentes, envolvendo, em especial: (i) barragens com o objetivo de regularização da oferta de água para abastecimento humano ou usos múltiplos, e para controle de cheias; (ii) infraestrutura de condução e derivação de água para abastecimento humano ou usos múltiplos – sistemas adutores, canais e eixos de integração (ANA, 2019).

As intervenções locais e de caráter emergencial, de menor abrangência, porém de maior detalhamento, que não fazem parte do escopo do PNSH, devem se apropriar das propostas recomendadas pelo Plano, como possíveis alternativas de fonte hídrica, tendo em vista o PNSH possui maior abrangência e menor detalhamento, não alcançando pequenos sistemas locais (**Figura 5**) (ANA, 2019).

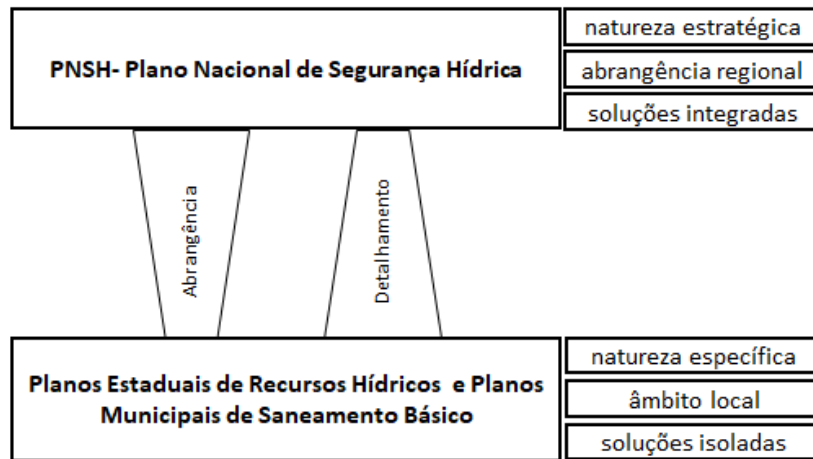


Figura 5 – Alcance do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH)

Fonte: adaptado de ANA (2019)

2.5 Segurança hídrica e gestão de risco

A gestão de risco é o processo que visa reduzir os danos decorrentes de um evento de determinada magnitude, possuindo uma abordagem sistêmica para identificar, avaliar e controlar o risco e priorizar ações. O conhecimento de como os sistemas de recursos hídricos passam por situações de estresse ou excesso hídrico sem grandes prejuízos aos usuários e à população é uma condição imprescindível para a correta avaliação do risco e alcance da segurança hídrica (ANA, 2016; PORTO; PORTO, 2014).

De acordo com o PNSH, para reverter o quadro de insegurança hídrica, é possível atuar de modo tradicional mediante a implantação de infraestrutura hídrica e o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos (planejamento, controle do uso da água, monitoramento, operação e manutenção de sistemas hídricos, dentre outros). Adicionalmente, deve-se incorporar medidas para gestão de risco, em detrimento da resposta à crises, o que envolve o conhecimento da vulnerabilidade do sistema e da exposição do ambiente diante de evento crítico de seca ou cheia, visando à proposição de ações adaptativas dirigidas ao aumento da resiliência do sistema (ANA, 2019).

Dentre os modelos de gestão de riscos, destacam-se o modelo Gerenciamento de Riscos Corporativos, desenvolvido pelo Comitê das Organizações Patrocinadoras-COSO (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission - Enterprise Risk Management) (COSO, 2004), o Processo de Gestão de Riscos segundo a norma ISO 31000 (ISO, 2009) e o Guia de elaboração de Planos de Segurança da Água da Organização Mundial da Saúde (BARTRAM et al., 2009). Essas referências consolidam as boas práticas de gestão de riscos e controles internos

e, apesar das diferentes abordagens, estão adequadas para identificação, análise, avaliação, tratamento e monitoramento de riscos (SANCHES et al., 2016).

Segundo o guia do COSO, a gestão de riscos contribui para assegurar a comunicação eficaz e o cumprimento de leis e regulamentos, assim como evitar danos à reputação das organizações e suas consequências. A gestão de riscos direciona a organização para o alcance dos seus objetivos e evita os perigos e ameaças em suas atividades (COSO, 2004).

No mesmo sentido, a ISO 31000 define a gestão de riscos como o conjunto coordenado de atividades capaz de direcionar a organização ou processo ao controle de riscos (**Figura 6**), possibilitando a organização aumentar a probabilidade de atingir seus objetivos, devendo ser baseada nos seguintes eixos: (i) princípios; (ii) modelo; e (iii) processo (ISO, 2009).

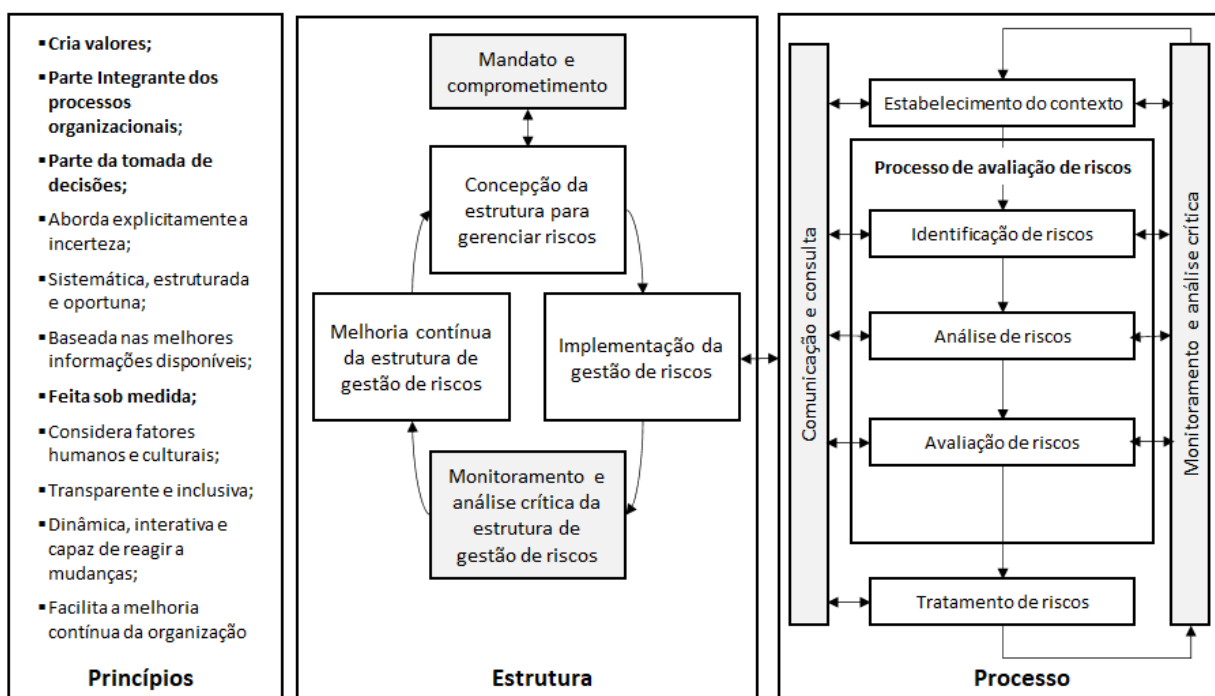


Figura 6 – Relações entre os princípios, modelo e gerenciamento de riscos

Fonte: ISO 31000 (2009)

No eixo (i) princípios, a adequada gestão de riscos deve: criar valor; ser parte integrante de todos os processos organizacionais; fazer parte da tomada de decisão; abordar a incerteza; ser sistemática, estruturada e oportuna; ser baseada nas melhores informações, dentre outros aspectos.

No eixo (ii) modelo, são estabelecidos as bases e os arranjos para incorporação do modelo de gestão em todos os níveis da organização, abrangendo as etapas de: desenho do modelo de gestão de riscos; implementação e gerenciamento dos riscos; monitoramento e revisão do modelo e, por fim, melhoria contínua desse modelo.

O terceiro eixo (iii) processo está relacionado com a efetiva implementação da gestão de riscos por meio das etapas: identificação de riscos, análise de riscos, avaliação de riscos, tratamento de riscos, assim como etapas transversais de comunicação e consulta, monitoramento e avaliação crítica dos resultados.

O Guia de elaboração de Planos de Segurança da Água da Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece que o meio mais eficaz de garantir, consistentemente, a segurança do sistema de abastecimento de água potável é por meio da avaliação e gerenciamento de riscos, englobando todas as etapas de produção, desde a captação até o consumidor (BARTRAM et al., 2009). Essa abordagem deve ser concretizada com elaboração de Plano de Segurança da Água por meio das seguintes etapas (**Figura 7**):

- i. Preparação: ações preliminares, incluindo a seleção da equipe de elaboração do plano de segurança da água;
- ii. Avaliação do sistema: descrição do sistema de abastecimento de água; identificação dos perigos e avaliação dos riscos; estabelecimento e validação de medidas de controle e priorização dos riscos; desenvolvimento, implementação e manutenção de ações de melhoria operacional;
- iii. Monitoramento operacional: definição de medidas de controle e monitoramento operacional; verificação da efetividade do plano de segurança da água, por meio da avaliação do alcance dos objetivos estabelecidos;
- iv. Administração e comunicação: preparação dos procedimentos de comunicação do plano de segurança da água;
- v. Ações de melhoria: levantamento dos investimentos para melhorias no sistema de abastecimento de água;
- vi. Revisão: planejamento das etapas de revisão periódica do plano de segurança da água.

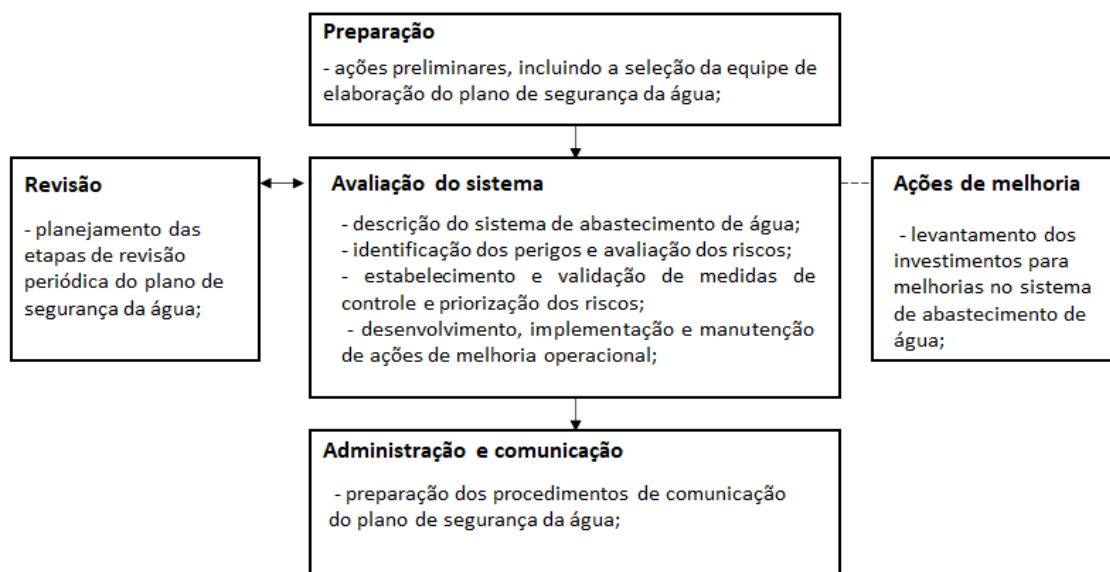


Figura 7 – Etapas de elaboração do Plano de Segurança da Água
Fonte: adaptado de Bartram et al. (2009)

Segundo a EPA (2019) é possível a aplicação da avaliação do risco ecológico em uma bacia hidrográfica por meio das fases relacionadas na **Figura 8** e descritas a seguir:

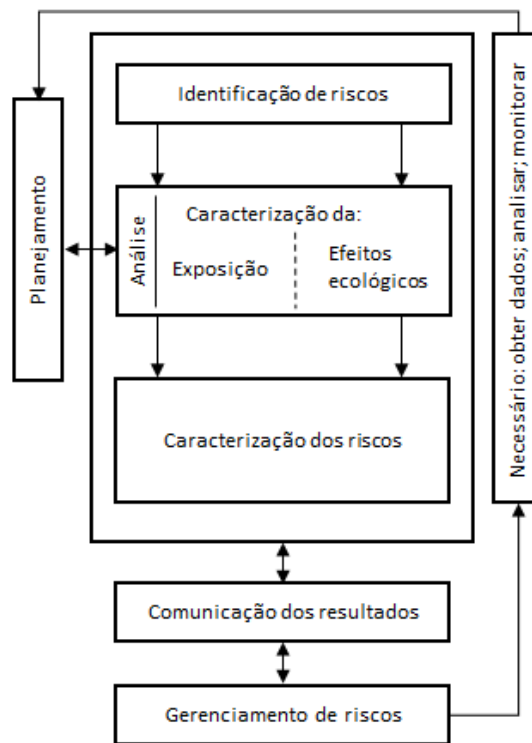


Figura 8 – Etapas da gestão de risco ecológico
Fonte: adaptado de EPA (2019)

- i. Identificação de riscos: envolve a avaliação das informações disponíveis sobre os recursos ecológicos potencialmente em riscos; os estressores¹² e os efeitos ou impactos ecológicos¹³ observados, a fim de descrever a natureza do problema e identificar as características mensuráveis que podem ser utilizadas como indicadores; e a seleção do objetivo de gestão a ser alcançados (ponto final de avaliação);
- ii. Análise do risco: esta fase centra-se nos estressores, nas vias de exposição e nos efeitos ecológicos resultantes. Inclui a caracterização da exposição - maneira pela qual o recurso entra em contato ou correlaciona com o estressor - e a caracterização dos efeitos, que é a resposta no recurso após a exposição. É uma fase mais técnica e quantitativa, que envolve medições das condições existentes, modelagens ou extrapolações de dados de campo ou de laboratórios.
- iii. Caracterização do risco: nesta fase é avaliada a probabilidade dos efeitos/impactos adversos devido à exposição aos estressores. Inclui a estimativa e a descrição do risco. A estimativa do risco integra os perfis de exposição e os perfis da relação estressor-resposta desenvolvidos na fase de análise, enquanto que a descrição do risco envolve a sumarização em uma estimativa da linha de corte (resultado), geralmente sob a forma de uma declaração quantitativa (por exemplo, há uma chance de 80% de mortalidade de 50% da floresta na bacia devido à poluição do ar).

¹² São definidos como qualquer elemento físico, químico ou biológico que pode causar um efeito adverso.

¹³ São definidos como os efeitos adversos ou impactos causados pelos estressores.

- iv. Comunicação do risco: consiste em relatório final de avaliação do risco, devendo ser um produto técnico, mas que propicie aos gestores o entendimento e tomada de decisão;
- v. Gerenciamento dos riscos: envolve o ciclo das etapas anteriores, consistindo na definição de ações e metas para a garantia do objetivo e controle dos riscos associados.

Para a OCDE (2013) por meio da gestão de riscos é possível identificar e explorar os tipos, intensidades e probabilidade das consequências (normalmente indesejadas) relacionadas a estes. Nesse aspecto, os objetivos da segurança hídrica podem ser alcançados pela manutenção de quatro riscos em níveis aceitáveis:

- i. Risco de escassez: água insuficiente para atender a demanda, em curto e longo prazo, de todos os usuários de água (uso humano e urbano, industrial, agropecuário, hidroenergia e demanda ecológica);
- ii. Risco de qualidade inadequada: falta de água com qualidade adequada para os usos preponderantes de determinado manancial;
- iii. Risco de excesso: transbordamento dos limites normais de níveis d'água de sistema hídrico, natural ou construído, que possam causar desastres;
- iv. Risco de comprometer a resiliência dos sistemas de água doce: ao ultrapassar pontos de inflexão do equilíbrio ecológico e causar danos irreversíveis às funções hidráulicas e biológicas do sistema.

A ANA (2016) destaca que a gestão de riscos hidrológicos exige flexibilidade e capacidade de adaptação dos sistemas jurídico-institucionais que deverão ser capazes de administrar os eventos extremos e as incertezas associadas à variabilidade climática e às mudanças na sociedade e na economia. Para isso propõe um modelo de gestão de riscos em recursos hídricos segregado em quatro fases e esquematizado na **Figura 9**.

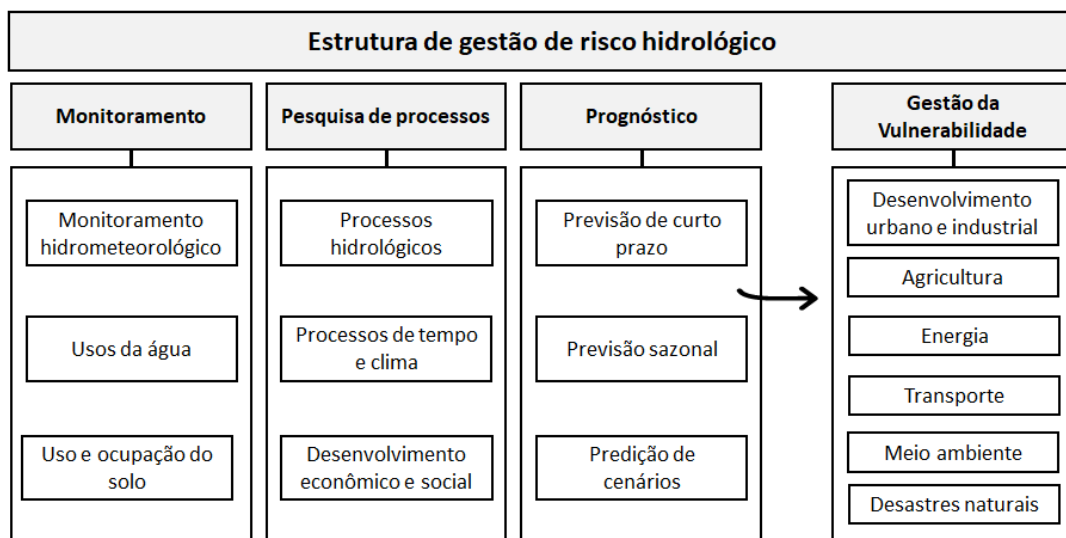


Figura 9 – Estrutura de gestão de risco hidrológico

Fonte: ANA (2016)

- i. Monitoramento: envolve as ações de monitoramento hidrometeorológico, como precipitação e vazão para estimativa e acompanhamento da disponibilidade hídrica da bacia; monitoramento dos usos da água por meio de sistemas de controle de outorgas de direito de uso e monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia;
- ii. Pesquisa de processos: envolve o desenvolvimento de modelos representativos dos processos hidrológicos, modelos climáticos e de desenvolvimento econômico e social. Deve utilizar os dados obtidos a partir da fase de monitoramento, para o desenvolvimento e adaptação de modelos em escalas mais detalhadas que representem a bacia em estudo;
- iii. Prognóstico: engloba o desenvolvimento de ferramentas de previsão de curto prazo, previsão sazonal e o estabelecimento de cenários que possibilitem avaliar diferentes alternativas a partir das fases de monitoramento e pesquisa de processos;
- iv. Gestão da redução da vulnerabilidade: envolve ações ou medidas que objetivam melhorar a resposta do sistema aos efeitos adversos das mudanças climáticas, incluindo a variabilidade climática e hidrológica.

Para gestão da redução da vulnerabilidade aos riscos foram propostos pela ANA (2016) um total de 8 (oito) eixos com medidas a serem adotadas ou propriedades a serem adquiridas ou reforçadas em um ambiente de crescente incerteza, relacionados no **Quadro 3**.

Quadro 3 – Medidas a serem adotadas para redução da vulnerabilidade dos sistemas hídricos às mudanças climáticas

Eixo	Medidas ou ações
(1) Análise da vulnerabilidade	Analisar a vulnerabilidade do sistema a partir de ações estruturais e não estruturais dos sistemas hídricos, como os modelos legais, institucionais e técnicos e os procedimentos econômicos, considerando as mudanças e a variabilidade climática;
(2) Flexibilidade e capacidade de adaptação	Flexibilidade e capacidade de adaptação a ser alcançada por meio de ações estruturais e não estruturais, tais como: <ol style="list-style-type: none"> i. sistema flexível de alocação de água que preveja formas ágeis de realocação em anos secos; ii. sistema de oferta hídrica que disponha de mananciais e sistemas alternativos (tais como, reuso e dessalinização);
(3) Gestão da oferta (infraestrutura hidráulica e transposições de bacias)	Aumento da capacidade de armazenamento de água por meio de obras de infraestrutura hídrica e transposição de bacias. Outras ações para a gestão da oferta são: fontes de suprimento alternativo; reuso da água; aprimorar os sistemas de operação de curto prazo de reservatórios incorporando previsão climática; e aprimorar as ferramentas de operação de longo prazo de reservatório com vistas a incorporar as incertezas oriundas da variabilidade e mudança climática;

(4) Gestão da demanda e adaptação institucional	<p>Medidas essenciais para garantir o aumento da resiliência do sistema, tais como:</p> <ol style="list-style-type: none"> i. cadastro de usuários de água (fundamental para a realização dos programas de direito da água, hidrometração e cobrança). ii. programa de hidrometração dos maiores e mais importantes usuários da bacia hidrográfica. iii. regulação dos usos em bacias críticas, com a elaboração de um modelo de alocação e a definição de regras claras de alocação; iv. programa de cobrança de água bruta, com o objetivo de racionalizar o uso; v. programa de educação e desenvolvimento tecnológico para o uso racional da água;
(5) Construção de cenários futuros	<p>Elaboração de cenários que visem o planejamento de longo prazo que incorporem as incertezas na projeção de disponibilidade e demandas futuras provenientes das mudanças do clima e da modelagem do comportamento dos diversos atores econômicos e sociais que definem a demanda;</p>
(6) Elaboração de planos de contingência	<p>Elaboração de planos de contingência para seca e inundação associados ao planejamento de longo prazo e, continuamente atualizados, pois orientarão as ações em momentos de eventos extremos e deverão preparar as condições que mitiguem os impactos provenientes da sua ocorrência;</p>
(7) Aprimoramento dos modelos de previsão climática	<p>Aprimoramento dos modelos de previsão climática para geração de informação e utilização no acoplamento de modelos hidrológicos a fim de avaliar os impactos sobre os recursos hídricos, setores usuários e na economia;</p>
(8) Troca de conhecimento entre instituições de gestão	<p>Devem ser realizadas trocas de conhecimentos entre as instituições de gestão da água objetivando a atualização do conhecimento sobre mudança e variabilidade climática.</p>

Fonte: ANA (2016)

Bernardeli (2017) destaca que a abordagem baseada em risco possibilita determinar níveis aceitáveis à segurança hídrica, em termos de probabilidade de ocorrência e as possíveis consequências (econômicas, ambientais, sociais). Essa abordagem permite, ainda, a identificação de áreas de alto risco, nas quais as ações de gestão devem ser prioritárias.

Melo (2016) aponta que para a aplicação dos conceitos de gestão de riscos à segurança hídrica deve-se partir da definição de metas vinculadas à objetivos tangíveis, tendo em vista que o risco, pode ser, genericamente, definido como o efeito da incerteza nos objetivos e a delimitação clara destes estabelece a base para a avaliação de riscos com foco na segurança hídrica.

Em relação à segurança hídrica do abastecimento urbano, Sanches et. al., (2016) destacam que a dificuldade na gestão do processo de distribuição de água decorre do elevado número de componentes envolvidos e a deficiente quantidade e qualidade de informações disponíveis no processo de tomada de decisão.

Pelo exposto, verifica-se que o processo de gerenciamento de riscos à segurança hídrica, incluindo o fornecimento da água na área urbana, desde o manancial até a entrega da água tratada ao consumidor final, constitui-se em ferramenta de gestão importante para o direcionamento das ações de gestão à mitigação de riscos mais críticos e/ou a redução das vulnerabilidades do sistema de abastecimento.

2.6 Segurança hídrica e contingência

O termo “contingência” refere-se a incerteza quanto a um determinado evento, fenômeno ou acidente, que pode se concretizar ou não, durante um período de tempo determinado (UFSC, 2014). Pode ainda ser definido como evento indesejado que pode acontecer, tal como uma emergência, mas cuja ocorrência é incerta¹⁴ (CBH GUANDU, 2015).

Segundo a ANA (2016), o estabelecimento de ações de contingência associadas ao planejamento de longo prazo e, continuamente atualizados, devem orientar ações em momentos de eventos extremos (secas ou cheias) e preparar as condições que mitiguem os impactos provenientes da sua ocorrência.

Para Wilhite et al. (2000) a atenuação dos efeitos de secas requer o uso completo dos componentes do ciclo de gerenciamento de desastres e não apenas da parte do gerenciamento de crises desse ciclo (**Figura 10**). Devido à ênfase no gerenciamento de crises, a sociedade geralmente alterna de um desastre para outro com pouca ou nenhuma redução do risco. O gerenciamento de riscos enfatiza as atividades de mitigação¹⁵, preparação¹⁶, e previsão e alerta precoce¹⁷ iniciadas antes do desastre, com o objetivo de reduzir os impactos associados aos eventos subsequentes.

¹⁴ Considerando determinado objeto de interesse específico, como o abastecimento público de água, é necessário antever que condições podem dar origem a tais eventos indesejados, através de questionamentos como: qual a frequência ou probabilidade de ocorrência destes eventos? Quais suas consequências? Como prevenir para que não ocorram e, se ocorrerem, como administrar a situação da forma menos danosa possível? E quais as alternativas nestes casos? (CBH GUANDU, 2015).

¹⁵ Mitigação: medidas destinadas a diminuir ou limitar a configuração de situação de risco.

¹⁶ Preparação: ações para minimizar os efeitos dos desastres, através da difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos e da formação e capacitação de recursos humanos.

¹⁷ Previsão e alerta precoce: antecipação do desastre por meio de dispositivo de vigilância e comunicação.

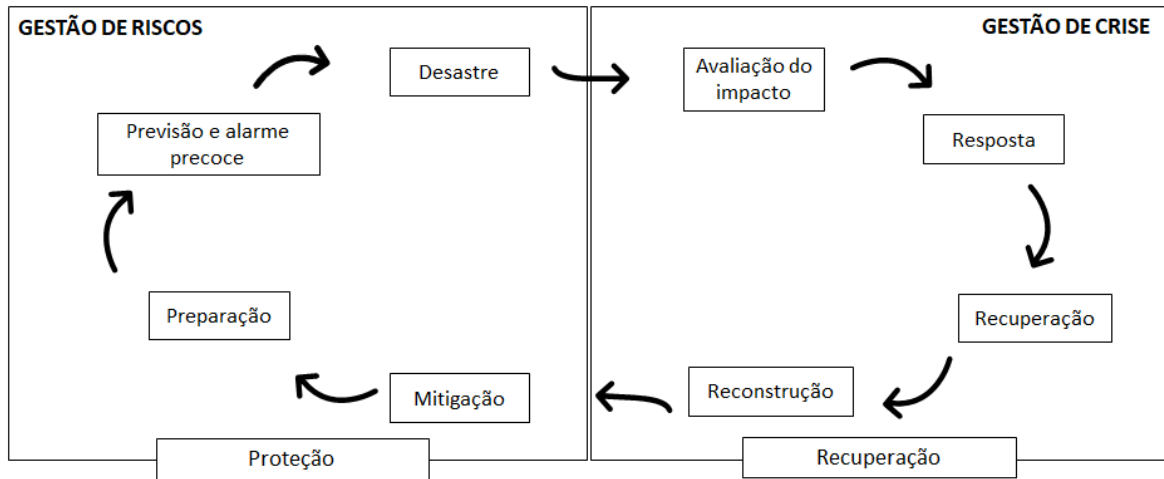


Figura 10 – Ciclo do gerenciamento do desastre
 Fonte: adaptado de Wilhite et al. (2000)

Na gestão de determinado desastre, o princípio fundamental que direciona o trabalho operacional é o planejamento, que envolve toda a organização do ambiente de trabalho e o direcionamento dos recursos operacionais. O Plano de Contingência é uma ferramenta fundamental para balizar as ações de resposta. Ele deve ser elaborado em conjunto com os órgãos que atuam de forma direta e indireta na resposta às emergências, prevendo as ações a serem realizadas na ocorrência de um desastre (UFSC, 2014).

Esses planos resultam, preliminarmente, da análise de riscos, e tratam da primeira etapa para o planejamento operacional de uma situação de desastre. Assim, o Plano de Contingência é o documento planejado, elaborado a partir de estudos de uma determinada hipótese de desastre, e resultante de análise de riscos. Ele deve ser elaborado com antecipação, previamente à situação crítica, com a discriminação de ações comuns a cada órgão, entidade ou indivíduo (UFSC, 2014).

Com esse objetivo, foi elaborado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Guandu, o Plano de Contingência para Abastecimento de Água da ETA Guandu¹⁸, definindo adoção de ações de gestão de risco específicas e integradas (preventivas, de preparação, resposta, recuperação e mitigação) para situações de emergência ambiental que possam pôr em risco o fornecimento de água bruta para fins de abastecimento público, envolvendo acidentes nos seguintes elementos: rodovias, dutos, indústrias e ferrovias (CBH GUANDU, 2015).

¹⁸ Deve-se ressaltar que este Plano não contemplou o tratamento, a reservação e distribuição de água e sim focou-se nas áreas (hidrográficas) que pudessem gerar danos à água bruta a ser captada para fins de abastecimento público. Também não contemplou a execução de modelagem hidrológica e transporte de poluentes, além de simulações de acidentes, as quais demandam a elaboração de estudos futuros específicos (CBH GUANDU, 2015).

Em 2015, foi elaborado pelo Comitê de Crise Hídrica¹⁹, o Plano de Contingência para Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – PCAA com o objetivo de programar ações para diversos cenários hidrológicos de modo a permitir o detalhamento e a implantação de medidas nos curto e médio prazos para o gerenciamento e minimização dos efeitos de estiagens severas nos municípios da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. Dentre as principais medidas previstas e implementadas destacam-se: gestão do consumo de clientes, transferência de água tratada entre os sistemas produtores, intensificação do programa de combate às perdas e utilização de reservas técnicas (CCH, 2015).

Em relação ao Distrito Federal, foi elaborado o Plano Integrado de Enfrentamento à Crise Hídrica (PICH)²⁰ com o objetivo de descrever as estratégias e ações adotadas pelo Governo do Distrito Federal (GDF) para enfrentamento da Crise Hídrica de 2016-2018. O Plano foi estruturado em 6 (seis) dimensões temáticas (Fiscalização, Infraestrutura, Educação, Comunicação, Regulação e Socioeconômica), 38 objetivos e 60 macroações que se desdobraram em 100 ações integradas, as quais envolveram cerca de 30 órgãos e entidades do GDF.

Dessa forma, verifica-se o estreito relacionamento entre “segurança hídrica”, “gestão de risco” e “contingência”, tendo em vista que para o alcance da segurança hídrica faz-se necessário a implementação de medidas de gestão de riscos, além das medidas tradicionais de gestão da oferta e da demanda de água. Por sua vez, a gestão de risco está relacionada com os planos de contingência, que devem ser elaborados a partir da análise dos principais fatores de risco do sistema.

2.7 Segurança hídrica para abastecimento urbano

Estudos recentes abordam o conceito setorial de segurança hídrica aplicado ao abastecimento urbano (BERNARDELI, 2017; MELO, 2016; MELO et al., 2017; RAISER, 2019; SILVA et al., 2017) destacando a necessidade de uma gestão integrada entre o manancial e o sistema de abastecimento para adequado gerenciamento do fornecimento de água à população.

Melo (2016) desenvolveu modelo analítico para avaliação da segurança hídrica baseado no gerenciamento de riscos aplicável ao abastecimento urbano de água, tendo como objetivo estabelecer uma ferramenta de apoio a tomada de decisão que embasasse os gestores na priorização

¹⁹ O Comitê de Crise Hídrica no âmbito da Região Metropolitana de São Paulo foi instituído pelo Decreto Estadual n. 61.111, de 03 de fevereiro de 2015, alterado pelo Decreto Estadual nº 61.135, de 25 de fevereiro de 2015, sob a coordenação da Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, tendo por objetivo precípuo o intercâmbio de informações e o planejamento de ações conjuntas em face do correlato fenômeno climático que atingiu parte do território daquele Estado.

²⁰ As principais ações de gestão da Crise Hídrica 2016-2018 foram analisadas no item 4 deste estudo.

das ações para a garantia da segurança hídrica. O modelo aplicado no sistema de abastecimento de água do Rio das Velhas, revelou que os estressores (fatores de insegurança) de maior risco à segurança hídrica daquele sistema são os “poluentes ordinários”, associados especialmente ao baixo índice de tratamento de esgoto na bacia, seguidos do estressor “demanda” e o estressor “eventos hidrológicos extremos”.

O modelo desenvolvido por Melo (2016) foi aplicado, posteriormente, por Bernardeli (2017) no sistema de abastecimento de água de Porto Nacional, TO, que capta água bruta na bacia do Córrego São João. Verificou-se para esse sistema que os maiores estressores de risco à segurança hídrica estão relacionados aos problemas de quantidade e qualidade da água bruta e a demanda por água.

Ainda, o modelo de Melo (2016) foi utilizado por Silva (2017) para avaliação da segurança hídrica do abastecimento de municípios fluminenses que captam água na bacia do rio Pomba, RJ. Os resultados desse estudo demonstraram boa capacidade adaptativa dos sistemas de abastecimento municipais (sistemas de captação e tratamento), uma vez que os eventos climáticos não impactaram negativamente a captação e o tratamento da água bruta nos últimos anos.

Machado (2018) propôs conjunto de indicadores de segurança hídrica visando a melhoria da capacidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, SP. Os indicadores utilizados foram: (i) oferta de água; (ii) reservatórios de água; (iii) rede de distribuição; (iv) perdas na distribuição de água potável; (v) transposição de água; (vi) qualidade físico-química e biológica da água; e (vii) políticas públicas. O estabelecimento dos indicadores permitiu a sistematização de informações e contribuiu para a proposição de diretrizes de segurança hídrica.

Estudo de Raiser (2019) propôs diretrizes de segurança hídrica para a bacia do Rio Meia Ponte, com foco no abastecimento da região metropolitana de Goiânia, GO. Os resultados foram apresentados em 19 eixos de ação, divididos em dois conjuntos de Diretrizes de Segurança Hídrica: (i) disponibilidade hídrica – ampliação da vazão ou redução das pressões sobre as fontes, com 10 eixos; e (ii) Gestão e integração - aprimoramento da gestão, monitoramento e políticas públicas, com 9 eixos. Os 19 eixos foram detalhados e elaborada sugestão de priorização. Os produtos gerados foram apresentados ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte, que aprovou a proposta, visando a sua implementação.

Para a seleção das intervenções a serem realizada por meio do Plano Nacional de Segurança Hídrica, a ANA (2019) estabeleceu um índice de segurança hídrica (ISH), baseado nas

dimensões²¹ do conceito de segurança hídrica (humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência). Cada dimensão foi avaliada por um conjunto de indicadores e obtido um índice global para o Brasil. O ISH foi calculado para os anos de 2017 e 2035, considerando a infraestrutura atual e as demandas futuras de uso da água. Os resultados mais críticos no cenário de 2035 foram verificados na região Nordeste, com baixos índices de disponibilidade hídrica e impactos significativos nas dimensões ecossistêmica e de resiliência.

Dessa forma, verifica-se, por meio dos estudos que abordam a temática da segurança hídrica voltada ao abastecimento público²², a necessidade do estabelecimento de medidas de gestão que integrem os aspectos relacionados à disponibilidade da água bruta (redução da pressão sobre as fontes de água), com aqueles inerentes ao próprio sistema de abastecimento de água (reservação, perdas na distribuição, qualidade da água).

Em relação ao estudo do PNSH, verificou-se uma abordagem ampla, envolvendo as quatro dimensões da segurança hídrica, incluindo não só a avaliação da dimensão humana e de resiliência, que possuem maior enfoque no abastecimento urbano de água, mas também as dimensões econômica e ecossistêmica, que abordam os demais usos da água. Embora a abordagem tenha a vantagem de ser mais abrangente, verificou-se perda da especificidade na análise, inerente à escala adotada, tendo em vista que não foram alcançados sistemas locais ou isolados. O PNSH também não avaliou a disponibilidade da água em termos qualitativos, fazendo apenas análise quantitativa a partir de mananciais superficiais e subterrâneos.

²¹ Dimensões do conceito de segurança hídrica: (i) humana: garantia do acesso à água adequada às necessidades básicas e bem-estar da população; (ii) econômica: garantia de suprimento de água para atividades produtivas e usos múltiplos; (iii) ecossistêmica: preservação de ecossistemas e da água em benefício da natureza e das pessoas; e (iv) resiliência: resposta a eventos extremos, como secas e inundações.

²² No Apêndice B, é realizada análise comparativa das metodologias de avaliação da segurança hídrica aplicadas pelos estudos citados.

Gestão dos recursos hídricos e do serviço de abastecimento de água no Distrito Federal

3 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DO ABASTECIMENTO NO DF

3.1 Características demográficas e geopolíticas do DF

O Distrito Federal (DF) está localizado na região centro-oeste do Brasil, ocupando uma área de 5.783 km², representando 0,06% da área do território nacional. É formado pela Capital Federal, Brasília, e subdividido em 33 Regiões Administrativas (RAs) (CODEPLAN, 2017). Possui população, aproximada, de 3 milhões de pessoas, sendo menor apenas que São Paulo, com 12,1 milhões, e o Rio de Janeiro, com 6,5 milhões (BRANDÃO; LIMA; RAMOS, 2018).

Em termos de crescimento populacional, a situação do DF é bastante preocupante em razão do tamanho de seu território. Entre os anos de 2011 a 2018, a população aumentou 16%, ou seja, cerca de 418 mil pessoas a mais desde o ano de 2011 quando o DF reunia 2,55 milhões de habitantes. Estes números evidenciam uma taxa média de crescimento anual da população do DF nesse período de 2,2%, bem acima da taxa nacional de 0,8% (197,5 milhões em 2011 para 209,5 milhões em 2018 no Brasil) (CODEPLAN, 2018).

3.2 Características gerais da vegetação e do meio físico

No DF predomina a formação savânica, vegetação típica do Brasil Central, caracterizada pelo Cerrado stricto sensu, com árvores de troncos e galhos retorcidos, casca grossa e folhas grandes, apresentando, basicamente, dois estratos: o superior onde estão presentes árvores e arbustos e o estrato inferior formado por uma vegetação rasteira como gramíneas. Esta vegetação está associada às condições climáticas da região (CODEPLAN, 2017).

A topografia apresenta altitudes que variam entre 950m a 1400m aproximadamente, predominando formas de relevo evoluídas por processo de erosão, caracterizadas pelas chapadas e chapadões. O clima é Tropical, segundo a classificação de Köppen, em que são nítidas duas estações, a primavera-verão (período chuvoso, outubro-março) e o outono-inverno (período seco, abril-setembro) (CODEPLAN, 2017). No último triênio (2016-2018), observou-se estabilidade da temperatura, com médias em torno de 17°C, enquanto a precipitação observada foi de apenas 1.054 mm/ano, ou seja, cerca de 75% do valor histórico de 1.403 mm/ano, média entre 1979 a 2018 (BRANDÃO; LIMA; RAMOS, 2018).

3.3 Hidrografia

O DF apresenta uma rede de cursos de água perenes, na sua maioria, com três importantes regiões hidrográficas, Paraná, São Francisco e Tocantins-Araguaia, que podem ser representadas

em sete bacias hidrográficas principais (**Figura 11**), sendo: rio Corumbá, rio Descoberto, rio Paranoá, rio São Bartolomeu, rio São Marcos, rio Preto, e rio Maranhão (ADASA, 2012).

A região hidrográfica do Paraná é composta, mais precisamente pelos afluentes do rio Paranaíba, sendo a bacia do rio Descoberto, que se localiza na porção ocidental do DF, possuindo uma área de drenagem de 804,9 km² (13,9% da área do DF); a bacia rio Paranoá que está situada na porção central do Distrito Federal, sendo uma das bacias hidrográficas que apresenta o contingente populacional mais expressivo, com área de drenagem é de 928,6 km² (16% da área do DF); a bacia do rio São Bartolomeu que é a de maior extensão, com área de drenagem de 1.494,6 km² (26% da área do DF), que nasce ao norte e se estende no sentido norte-sul; e por último, as bacias do rio Corumbá (368,6 km²; 6,3% da área do DF) e São Marcos (68,6 km²; 1,1% da área do DF) que são as menores bacias e ocupam a região sul do DF (ADASA, 2018b).

Pertence a região hidrográfica do São Francisco, a bacia do rio Preto, que ocupa 20,9% da área do DF e localiza-se na porção leste da região (1.208 km²). E, pertence a região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, a bacia do rio Maranhão, que ocupa 22% da área do DF, localizando-se na porção norte (ADASA, 2018b).

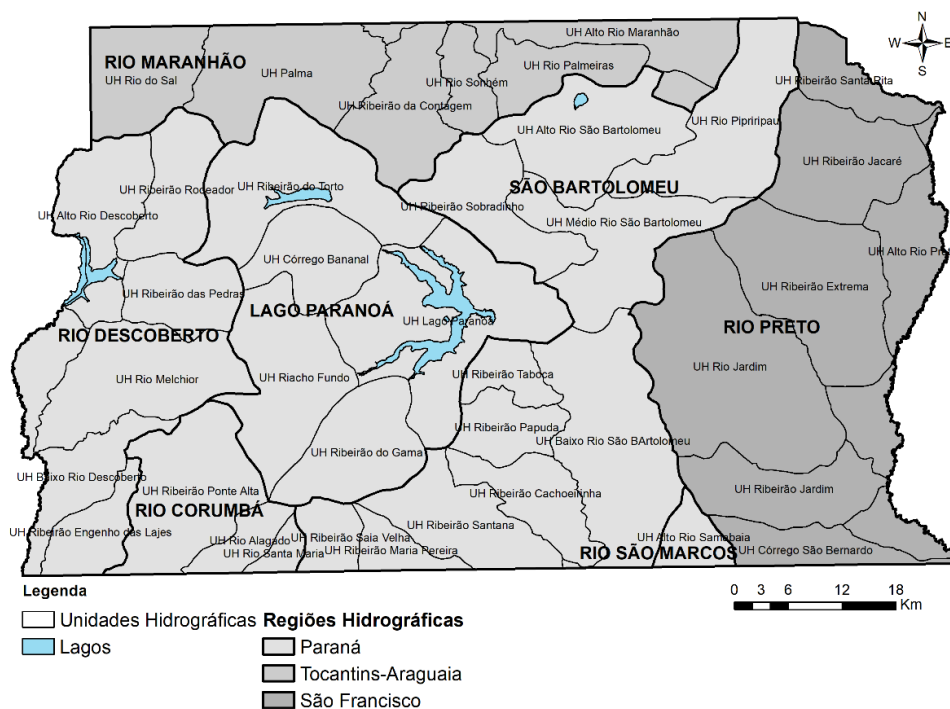


Figura 11 – Bacias hidrográficas do Distrito Federal
Fonte: Adasa (2019a)

3.4 Gestão de recursos hídricos

3.4.1 Sistema de gerenciamento de recursos hídricos

A Lei Orgânica do Distrito Federal, de 8 de junho de 1993, dispõe no art. 282 que "cabe ao Poder Público estabelecer diretrizes específicas para proteção de mananciais hídricos, por meio de planos de gerenciamento, uso e ocupação de áreas de drenagem de bacias e sub-bacias hidrográficas, que deverão dar prioridade à solução de maior alcance ambiental, social e sanitário, além de respeitar a participação dos usuários." O parágrafo único deste dispositivo destaca que: "cabe ao órgão ambiental do Distrito Federal a gestão do sistema de gerenciamento de recursos hídricos" (DISTRITO FEDERAL, 1993b).

O modelo de gerenciamento de recursos hídricos do DF foi instituído pela Lei n. 512, de 28 de julho de 1993, que dispôs sobre a Política de Recursos Hídricos e instituiu o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos – SIGRH/DF, objetivando assegurar o uso adequado da água, de acordo com padrões de qualidade satisfatórios para as atuais e futuras gerações (DISTRITO FEDERAL, 1993a). A Lei n. 512/1993 foi revogada pela Lei n. 2.725, de 13 de junho de 2001, a qual é simetricamente relacionada à Lei Federal n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997, seguindo os mesmos fundamentos, objetivos, diretrizes, instrumentos e organização previstos no âmbito nacional (DISTRITO FEDERAL, 2001).

A Lei n. 2.725/2001 foi regulamentada por três decretos: o Decreto n. 22.356, de 31 de agosto de 2001, que trata do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, o Decreto n. 22.358, de 31 de agosto de 2001, que dispõe sobre a outorga de direito de uso de água subterrânea e o Decreto n. 22.359, de 31 de agosto de 2001, que dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos no DF. Em 2004, foram estabelecidas as normas de organização, funcionamento e competências do Conselho de Recursos Hídricos do DF (CRH/DF), por meio do Decreto Distrital n. 24.674/2004 (ADASA, 2012).

Ainda em 2004, foi criada a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal – Adasa, pela Lei Distrital n. 3.365, de 16 de junho de 2004, com atribuição de órgão gestor e implementador da política distrital de recursos hídricos. Por fim, foram criados os Comitês de Bacia Hidrográfica²³ (CBH) do Paranoá – CBH Paranoá – (Decreto Distrital n. 27.152/2006),

²³ Os Comitês tiveram suas denominações alteradas por meio do Decreto n. 32.290, de 16 de agosto de 2018 da seguinte forma: CBH do Paranoá foi alterado para CBH dos afluentes do Rio Paranaíba-DF; o CBH do Rio Preto alterado para CBH dos Afluentes do Rio Preto no Distrito Federal e CBH do Rio Maranhão alterado para CBH dos Afluentes do Rio Maranhão.

o CBH Rio Preto (Decreto Distrital n. 31.254/2010) e o CBH Rio Maranhão (Decreto Distrital 31.253/2010) (ADASA, 2019a).

O SIGRH/DF criado pelo art. 29 da Lei n. 2.725/01 é composto pelos seguintes membros: I – o Conselho de Recursos Hídricos; II – os Comitês de Bacia Hidrográfica; III – os órgãos públicos cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; IV – as Agências de Bacia²⁴ (DISTRITO FEDERAL, 2001). Na **Figura 12** relaciona-se os componentes do SIGRH-DF com atuação na formulação e implementação da Política de Recursos Hídricos, assim como os atores interessados (ADASA, 2019a).

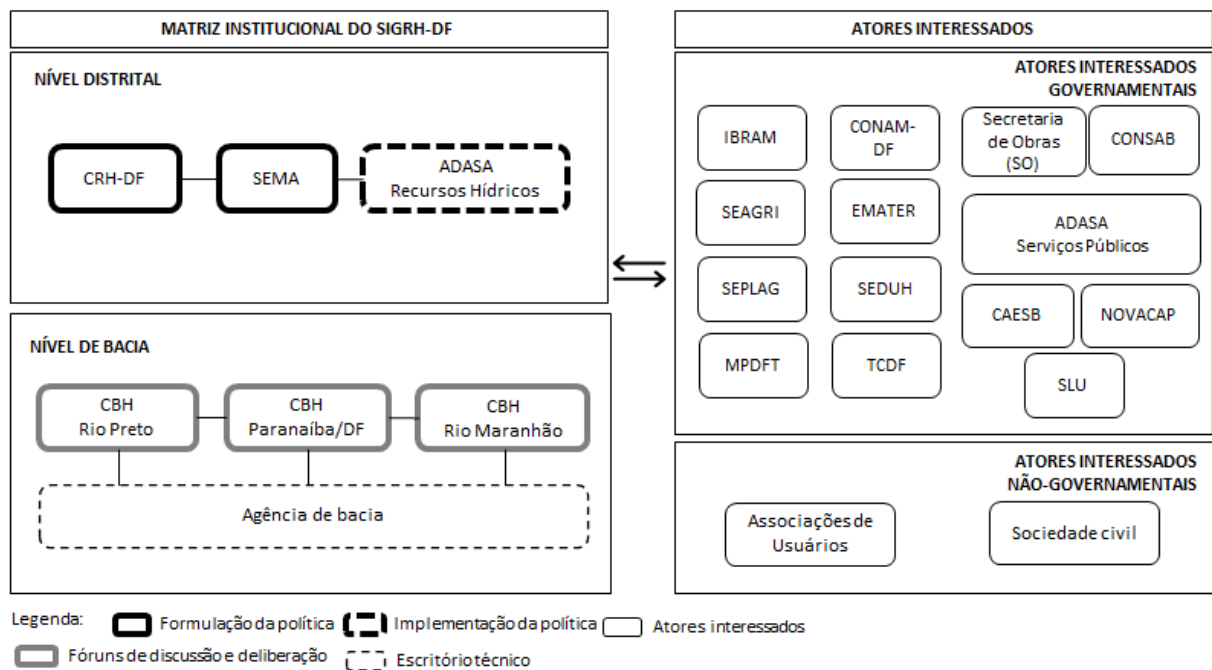


Figura 12 – Organismos integrantes do SIGRH/DF e principais atores interessados.
Fonte: o autor, baseado em Adasa (2019a)

a) Conselho de recursos hídricos

O Conselho de Recursos Hídricos do DF (CRH-DF) foi instituído pelo art. 31 da Lei n. 2.725/2001, sendo órgão colegiado de caráter consultivo, normativo e deliberativo, composto por representantes dos setores usuários de água, governo e sociedade civil organizada (ADASA, 2019a). O CRH-DF é presidido pelo Secretário de Meio Ambiente, sendo composto por 14 (quatorze) representantes do poder público, 4 (quatro) de usuários de recursos hídricos e 10 (dez) de organizações civis relacionadas com preservação de recursos hídricos. O CRH-DF conta com

²⁴ As funções de Agência de Bacia estão sendo executadas pela Coordenação de Agência de Bacias Hidrográficas (CABH) criada no âmbito da Agência Reguladora (Adasa) pela Resolução n. 20/2018.

uma Câmara Técnica Permanente de Assessoramento - CTPA/CRH-DF, bem como Grupos de Trabalho Setoriais (GT-Outorga e o GT Enquadramento) (ADASA, 2019a).

Dentre as principais competências do CRH-DF destacam-se: apreciar e deliberar sobre o Plano de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos; promover a articulação do planejamento de recursos hídricos do Distrito Federal com o planejamento nacional, regional, estadual e dos setores usuários; estabelecer diretrizes complementares para implementação da Política de Recursos Hídricos (DISTRITO FEDERAL, 2001).

b) Comitês de bacia hidrográfica (CBH)

O Comitê de bacia hidrográfica (CBH) constitui-se em órgão colegiado, com atribuições normativas, deliberativas e consultivas, definidas no art. 35, da Lei n. 2.725/2001, dentre elas: (i) arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos; (ii) promover o debate das questões relacionadas ao uso dos recursos hídricos; (iii) aprovar o Plano de Recursos Hídricos e projetos da respectiva bacia; (iv) estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados (ADASA, 2019a).

Atualmente, como já mencionado, existem três comitês de bacia hidrográfica no DF, possuindo a seguinte área de atuação: CBH dos afluentes do Rio Paranaíba-DF – atua nas bacias dos rios Descoberto, Corumbá, Paranoá, São Bartolomeu e São Marcos; CBH dos Afluentes do Rio Preto – atua na bacia do Rio Preto; e CBH dos Afluentes do Rio Maranhão, atual na bacia do Rio Maranhão. Na **Figura 13** apresenta-se os principais marcos institucionais da gestão de recursos hídricos no Distrito Federal.

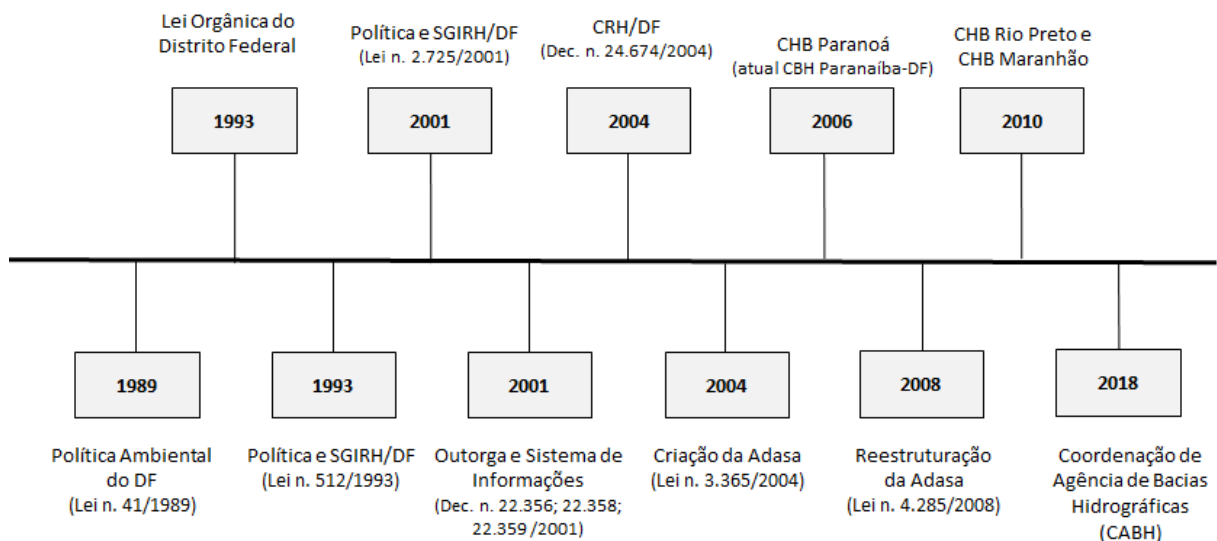


Figura 13 – Marcos institucionais da gestão de recursos hídricos no DF

Fonte: o autor, baseado em Adasa (2019a)

c) Regulação de recursos hídricos

O órgão regulador dos recursos hídricos no DF é a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa). A finalidade da agência é regular, controlar e fiscalizar a quantidade e qualidade dos corpos d'água de domínio distrital ou delegados pela União, sendo responsável pela emissão das outorgas de direito de uso. Além disso, a agência regula a exploração dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário prestados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb) (ADASA, 2018c).

Desde a criação da agência em 2004, observa-se a elaboração de normas para a gestão dos recursos hídricos, dentre as quais destacam-se a Resolução n. 350, de 26 de junho de 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 a Resolução n. 163, de 19 de maio de 2006, que estabelece os procedimentos gerais para a fiscalização, apuração de infrações e aplicação de penalidades pelo uso irregular dos recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal e outros, cuja fiscalização lhe sejam delegadas (ADASA, 2012).

Nesse contexto, podemos citar a Resolução n. 004, de 12 de maio de 2010, que instituiu o Cadastro Eletrônico dos usuários de recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal e a Resolução n. 004, de 17 de março de 2017, que estabeleceu diretrizes gerais para o processo de Alocação Negociada de Água. No **Quadro 4** relaciona-se atos normativos elaborados pela agência com relevância para o setor de recursos hídricos (ADASA, 2019b).

Quadro 4 – Principais atos normativos elaborados pela Agência Reguladora (Adasa) relacionados à gestão dos recursos hídricos

Normativos	Descrição
Resolução n. 350/2006	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. (Alterada pela Resolução Adasa nº 17/2017);
Resolução n. 163/2006	Estabelece os procedimentos gerais para a fiscalização, apuração de infrações e aplicação de penalidades pelo uso irregular dos recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal e outros, cuja fiscalização lhe sejam delegada;
Resolução n. 293/2006	Estabelece o Marco Regulatório de procedimentos e critérios de outorga de direito de uso de recursos hídricos na Bacia do Ribeirão Pípiripau, considerando a regularização das intervenções e usos atuais;
Resolução n. 004/2010	Institui o Cadastro Eletrônico dos usuários de recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal e em corpos de água delegados pela União e Estados
Resolução n. 010/2011	Estabelece procedimentos gerais para requerimento e obtenção de registro e outorga para implantação e regularização de barragens em corpos de água de domínio do Distrito Federal e em outros delegados pela União;
Resolução n. 013/2011	Estabelece os critérios técnicos para emissão de outorga para fins de lançamento de efluentes em corpos hídricos de domínio do Distrito Federal e naqueles delegados pela União;

Resolução n. 013/2016	Estabelece os volumes de referência e ações de contenção em situações críticas de escassez hídrica nos reservatórios do Descoberto e de Santa Maria, visando assegurar os usos prioritários dos recursos hídricos;
Resolução n. 004/2017	Estabelece diretrizes gerais para o processo de Alocação Negociada de Água em corpos de água de domínio do Distrito Federal e naqueles delegados pela União e Estados;
Resolução n. 016/2018	Define as disponibilidades hídricas dos aquíferos das diferentes unidades hidrográficas (UHs) do Distrito Federal e dá outras providências;
Resolução n. 036/2018	Revoga as Resoluções Adasa nº 15, de 2016, que declara a Situação Crítica de Escassez Hídrica nos Reservatórios do Descoberto e de Santa Maria, e nº 15, de 2018, que regulariza o processo de concessão de outorga de direito de uso de recursos hídricos a montante do reservatório do Descoberto e dá outras providências;
Resolução n. 012/2019	Estabelece critérios a serem observados na instalação de sistema de monitoramento de volumes captados em corpos hídricos superficiais de domínio do Distrito Federal e naqueles delegados pela União e Estados, e altera dispositivos da Resolução Adasa nº 350, de 2006.

Fonte: o autor, baseado em Adasa (2019b)

a) **Agências de bacia**

As Agências de Bacia (também chamadas de Agências das Águas) devem exercer, principalmente, a função de secretária executiva do respectivo ou dos respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica, com as seguintes atribuições em destaque: (i) manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação; (ii) manter o cadastro de usuários de recursos hídricos; (iii) efetuar, mediante delegação do poder outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos; (iv) elaborar o Plano de Recursos Hídricos para apreciação do respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica.

Desde o ano de 2018, as funções de Agência de Bacia no âmbito do SIGRH/DF estão sendo executadas pela Coordenação de Agência de Bacias Hidrográficas²⁵ (CABH) da Agência Reguladora (Adasa).

3.4.2 **Política de Recursos Hídricos e seus instrumentos**

Conforme mencionado, a Lei n. 2.725/2001 revogou a Lei n. 512/1993 para adequar a legislação distrital à Lei Federal n. 9.433/1997. Como fundamentos da Política de Recursos Hídricos do DF, a Lei 2.725/2001, art. 2º, estabelece que a água é um bem de domínio público, recurso natural limitado, dotado de valor econômico e função social (DISTRITO FEDERAL, 2001).

Em relação aos objetivos da Política (Lei 2.725/2001, art. 3º), estes visam assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados

²⁵ A Coordenação de Agência de Bacias Hidrográficas e suas atribuições foram estabelecidas pela Resolução Adasa n. 20/2018.

aos usos, promover a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento humano sustentável, assim como implementar a preservação e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais e aumentar a disponibilidade em recursos hídricos (DISTRITO FEDERAL, 2001).

Para o alcance desses objetivos, a Política estabelece diretrizes gerais, dentre as quais destacam-se (Lei 2.725/2001, art. 4º): a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e de qualidade; a integração da gestão de recursos hídricos com a Política Ambiental; a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo e demais recursos naturais e a adequação da gestão dos recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais, e culturais das regiões do DF (DISTRITO FEDERAL, 2001).

Os instrumentos explicitados para implementação dessa política, de acordo com o art. 6º da Lei 2.725/2001 são: I – os Planos de Recursos Hídricos; II – o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; III – a outorga de direito de uso de recursos hídricos; IV – a cobrança pelo uso de recursos hídricos; V – o sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (DISTRITO FEDERAL, 2001).

Visando a implementação dos instrumentos da política de recursos hídricos do DF, a Lei 2.725/2001 estabeleceu diferentes níveis de responsabilidades aos integrantes do sistema de gerenciamento, conforme esquematizado na **Figura 14** (ADASA, 2019a).

	PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA	ENQUADRAMENTO	OUTORGA DE DIREITO DE USO	COBRANÇA PELO USO	SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RH
CRH-DF	Regulamenta diretrizes gerais.	Aprova alternativa	Aprova alternativa	Aprova	-
CBHs Paranaíba, Preto, Maranhão	Aprova e acompanha a execução	Seleciona alternativa	Estabelece prioridades de uso e aprova proposta de usos não outorgáveis.	Estabelece mecanismos e valores e sugere os valores a serem cobrados	-
Adasa	Elabora, submete à aprovação do comitê e executa.	Propõe alternativas e apoia a efetivação da proposta aprovada, na ausência da agência de água	Outorga direito de uso de acordo com as diretrizes do plano e o enquadramento, fiscalizando o cumprimento da outorga.	Elabora estudos para decisão dos conselhos, arrecada e aplica os recursos, podendo transferi-los à agência de água	Implanta e gere o sistema distrital
Agência de bacias	Elabora, submete à aprovação do comitê e executa	Propõe alternativas e apoia a efetivação da proposta aprovada	Elabora estudos para definição de regras de uso e para usos não outorgáveis.	Propõe valores e mecanismos, arrecada, aplica e gere os recursos	Implanta e gere sistema da bacia

Figura 14 – Organismos e instrumentos da Política de Recursos Hídricos - DF

Fonte: adaptado de Adasa (2019a)

3.5 Gestão do serviço de abastecimento de água no DF

3.5.1 Sistemas de abastecimento de água

O sistema de abastecimento de água do DF é composto por 5 subsistemas, sendo: Torto/Santa Maria; Descoberto; Brazlândia; Sobradinho/Planaltina e São Sebastião (**Figura 15**).

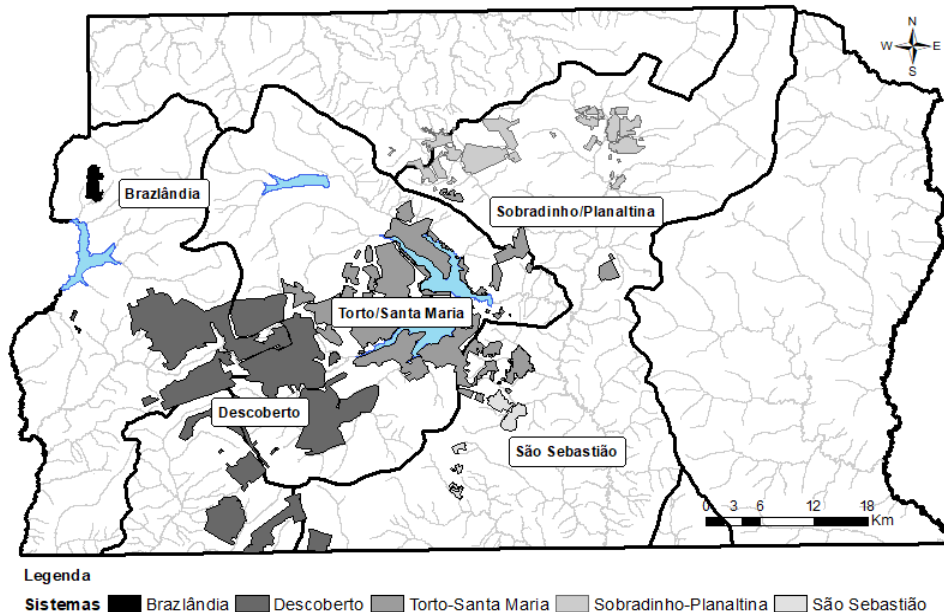


Figura 15 – Sistemas de Abastecimento de Água do DF

Fonte: Adasa (2018a)

Os sistemas Descoberto e Torto/Santa Maria são denominados de Sistemas Integrados. Os demais, Brazlândia, Sobradinho/Planaltina e São Sebastião operam atualmente de forma isolada e denominam-se Sistemas Isolados (ADASA, 2018a).

3.5.2 Prestadora de serviços

Os serviços de abastecimento de água no DF começaram com a construção de Brasília, quando foi criada a Divisão de Água e Esgotos, vinculada à Companhia Urbanizadora da Nova Capital (Novacap). Logo após, foi implantado o primeiro sistema, o Catetinho, para abastecimento dos canteiros de obras e núcleos onde moravam os trabalhadores que construíam a cidade (DISTRITO FEDERAL, 2017b).

Na década de 1960, à medida que prosseguiram as obras de implantação da capital, foi concebido e construído o sistema Torto. Posteriormente, o sistema foi ampliado para Santa Maria e Torto, projetado para abastecer todo o Plano Piloto e os órgãos da administração federal (DISTRITO FEDERAL, 2017b).

Em 8 de abril de 1969, pelo Decreto-Lei n. 524, foi criada a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb), com a finalidade principal de: (i) execução, operação, manutenção e exploração dos sistemas de abastecimento de água e de coleta de esgotos sanitários; (ii) conservação, proteção e fiscalização das bacias hidrográficas utilizadas ou reservadas para os fins de abastecimento de água; (iii) controle da poluição das águas (CAESB, 2017a).

3.5.3 Regulação dos serviços de abastecimento de água

O órgão regulador dos serviços públicos de saneamento básico no DF é a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa) (DISTRITO FEDERAL, 2008). Conforme abordado no item a) compete também a Adasa a regulação e gestão dos recursos hídricos no DF, o que faz com que a agência regule o ciclo completo do uso da água nesta unidade da federação.

O art. 9º da Lei 4.285/2008, em consonância com o art. 23, da Lei n. 11.445/2007 também conhecida como Lei Nacional do Saneamento Básico (LNSB), estabelece que compete à Adasa editar normas relativas às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços de saneamento básico, abrangendo, dentre outros, os seguintes aspectos: padrões e indicadores de qualidade da prestação dos serviços; metas progressivas de expansão e de qualidade dos serviços e os respectivos prazos; monitoramento dos custos e do desempenho econômico-financeiro dos prestadores dos serviços; avaliação da eficiência e eficácia dos serviços prestados (ADASA, 2018a).

Em 23 de fevereiro de 2006, foi assinado o Contrato de Concessão n. 001/2006, entre a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – Adasa e a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb. A concessão tem prazo de vigência até 31 de janeiro de 2032. Esse contrato regula a exploração dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, objeto da concessão da qual a Caesb é a prestadora dos serviços, para toda a área do DF, consoante o que estabelece a Lei Distrital n. 2.954, de 22 de abril de 2002 (ADASA, 2018a).

a) Regulação Técnica

Em relação a regulação técnica destacam-se três principais normas que regulamentam os serviços prestados pela Caesb: Contrato de Concessão n. 001/2006; a Resolução n. 14, de 27 de outubro de 2011, que estabelece as condições da prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário e a Resolução n. 188, de 24 de maio de 2006,

que regulamenta os procedimentos para aplicação de penalidades às infrações cometidas contra os regulamentos técnicos (CAESB, 2017a).

Em 2017, foi implantada na Caesb a Resolução n. 08, de 22 de dezembro de 2016, que dispõe sobre a instituição da metodologia de avaliação de desempenho da prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do DF. Segundo a Caesb (2017b), visando a adequação à norma reguladora, foram desenvolvidas melhorias em sistemas informatizados de apoio operacional para aperfeiçoamento da obtenção e disposição de dados e informações.

Ainda em 2017, foi instituído o Conselho de Consumidores da Caesb, criado a partir da Resolução n. 09, de 13 de julho de 2016, composto por representantes de todas as categorias de consumidores, pelo Instituto de Defesa do Consumidor (PROCON), pelo Ministério Público do Distrito Federal (MPDF), além da Caesb e Adasa. O conselho é órgão consultivo que objetiva buscar o estreitamento e transparência das relações entre os consumidores dos serviços e a Caesb (CAESB, 2017a).

Em 2019, foi publicada a Resolução n. 015, de 15 de dezembro de 2019 que estabelece diretrizes e procedimentos para elaboração e apresentação do Plano de Exploração dos Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal. No **Quadro 5** relaciona-se os princípios normativos relativos à regulação técnica dos serviços de abastecimento de água elaborados pela Agência Reguladora (ADASA, 2019b).

Quadro 5 – Principais atos normativos elaborados pela Agência Reguladora (Adasa) relacionados à regulação técnica dos serviços de abastecimento de água

Normativos	Descrição
Contrato de Concessão n. 001/2006	Exploração dos Serviços de Saneamento Básico que celebram a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – Adasa e Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb;
Resolução n. 188/2006	Regulamenta os procedimentos para aplicação de penalidades às infrações cometidas contra os Regulamentos e Contrato de Concessão dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário;
Resolução n. 014/2011	Estabelece as condições da prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no Distrito Federal.
Resolução n. 008/2016	Dispõe sobre a instituição da metodologia de avaliação de desempenho da prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do Distrito Federal;
Resolução n. 009/2016	Estabelece as diretrizes para a constituição, organização e funcionamento do Conselho de Consumidores dos Serviços Públicos de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal;
Resolução n. 003/2019	Estabelece diretrizes para implantação e operação de sistemas prediais de água não potável em edificações residenciais;

Resolução n. 009/2019	Determina que a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb apresente plano para implementar medidas de restrição do abastecimento de água em regiões atendidas por sistemas isolados e sob regime de alocação negociada de recursos hídricos no Distrito Federal;
Resolução n. 010/2019	Dispõe sobre a instituição da metodologia de auditoria e certificação das informações provenientes da prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no Distrito Federal;
Resolução n. 015/2019	Estabelece diretrizes e procedimentos para elaboração e apresentação do Plano de Exploração dos Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal;
Resolução n. 007/2020	Estabelece condições excepcionais para prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no Distrito Federal, durante a situação de emergência em saúde pública, em razão da pandemia de COVID-19.

Fonte: o autor, baseado em Adasa (2019b)

b) Regulação Econômica

Conforme o art. 9º da Lei 4.285, de 26 de dezembro de 2008, a regulação econômica tem por finalidade a definição do regime, estrutura e níveis tarifários, bem como os procedimentos e prazos de fixação, reajustes e revisão das tarifas, além de normatizar padrões de medição, faturamento e cobrança dos serviços prestados pela concessionária (DISTRITO FEDERAL, 2008).

Neste contexto, normas foram elaboradas pela agência reguladora, dentre as quais destacam-se; a Resolução n. 001, de 28 de janeiro de 2013 que homologou os resultados finais da primeira revisão periódica das tarifas dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário; a Resolução n. 015, de 14 de agosto de 2014 que estabeleceu a metodologia de levantamento da base de ativos regulatória e remuneração adequada, assim como a Resolução n. 24, de 19 de dezembro de 2016 que aprovou o manual de contabilidade regulatória e plano de contas a ser adotado pela concessionária (ADASA, 2019b).

No **Quadro 6** relaciona-se os principais atos normativos relativos à regulação econômica dos serviços de abastecimento de água elaborados pela Agência Reguladora (ADASA, 2019b).

Quadro 6 – Principais atos normativos elaborados pela Agência Reguladora (Adasa) relacionados à regulação econômico-financeira dos serviços de abastecimento de água

Normativos	Descrição
Resolução n. 001/2013	Homologa o resultado final da Primeira Revisão Periódica das tarifas do serviço público de abastecimento de água e esgotamento sanitário a valores de março de 2008 e o valor do Ajuste Econômico e Financeiro de 2009 a 2012, a ser acrescido ao Reajuste Tarifário Anual – IRT 2013
Resolução n. 015/2014	Estabelece a metodologia de Base de Ativos Regulatória – BAR e Remuneração Adequada – RA a ser aplicada na 2ª Revisão Tarifária Periódica – 2ª RTP, bem como nas Revisões Tarifárias Periódicas subsequentes
Resolução n. 003/2016	Estabelece a metodologia aplicável à 2ª revisão tarifária periódica da CAESB e aos processos subsequentes de revisão periódica das tarifas dos serviços públicos de estabelecimento de água e esgotamento sanitário no Distrito Federal, e dá outras providências.
Resolução n. 005/2016	Homologa os resultados finais da 2ª Revisão Periódica das tarifas dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário prestados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB e dá outras providências.
Resolução n. 24/2016	Aprova e institui o Manual de Contabilidade Regulatória e o Plano de Contas Regulatório a ser adotado pela Concessionária dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário do Distrito Federal.
Resolução n. 002/2020	Estabelece os procedimentos para a devolução dos saldos remanescentes dos recursos da Tarifa de Contingência, pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal — Caesb.

Fonte: o autor, baseado em ADASA (2019b)

3.6 Instrumentos de gestão e segurança hídrica para abastecimento urbano DF

A segurança hídrica para abastecimento urbano pode ser definida como a “garantia de provimento de água bruta em quantidade e qualidade suficientes para o abastecimento público, associado a um determinado risco de escassez, tendo como referencial a bacia hidrográfica” (MELO, 2016, p. 89).

Deve-se buscar um cenário ideal de segurança hídrica para abastecimento urbano por meio da efetiva implementação dos instrumentos das políticas públicas diretamente relacionadas à gestão hídrica, em específico, as políticas de recursos hídricos e de saneamento básico, considerando a necessária integração destas políticas com as políticas de meio ambiente e de uso e ocupação do solo. Para o alcance deste cenário, faz-se, ainda necessário, que os tradicionais instrumentos de gestão, sejam associados a outras ferramentas capazes de monitorar os riscos e as vulnerabilidades do sistema (ANA, 2019).

3.6.1 Instrumentos de gestão de recursos hídricos

A política de recursos hídricos do DF apresentou evolução nos últimos anos, com edição de relevantes normas²⁶ pela Adasa e a efetivação do Conselho de Recursos Hídricos do DF (CRH-DF) e dos Comitês de Bacia Hidrográfica. Os tradicionais instrumentos de gestão, previstos na Lei n. 2.725/01, vêm sendo consolidados, sendo estes os Planos de Recursos Hídricos (Distrital e por bacia hidrográfica), a Outorga de direito de uso, a Cobrança pelo uso dos recursos hídricos, o Enquadramento dos corpos de água em classes e o Sistema de informações sobre Recursos Hídricos (ADASA, 2019a).

O Plano Distrital de Recursos Hídricos do DF (PGIRH) foi elaborado no ano de 2006 e revisado em 2012. O PGIRH é um instrumento de planejamento distrital, pactuado entre o Poder Público, os usuários e a sociedade civil, onde se define como conservar, recuperar e utilizar os recursos hídricos das bacias hidrográficas, tendo como objetivo subsidiar as ações do Conselho de Recursos Hídricos e da entidade gestora (Adasa) a partir da definição de orientações técnicas, estratégicas e de cunho institucional necessárias para a gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, em seus aspectos quantitativos e qualitativos (ADASA, 2012).

Tendo por base o PGIRH, foi elaborado pela Adasa em 2019 o Plano de Bacia dos Afluentes do Paranaíba-DF (PRH Paranaíba-DF), posteriormente aprovado pelo Comitê de Bacia do Paranaíba-DF e ratificado pelo Conselho de Recursos Hídricos do DF em julho de 2020. O PRH Paranaíba-DF tem o objetivo de apontar ações para garantir a quantidade e qualidade da água nas bacias hidrográficas dos rios Paranoá, Descoberto, São Bartolomeu, Corumbá e São Marcos, nos próximos 20 anos. O Plano está estruturado em quatro temas principais (gestão dos recursos hídricos, segurança ambiental, saneamento ambiental e conservação e proteção dos recursos hídricos), incluindo 12 programas, 29 subprogramas, 100 metas e 300 ações (ADASA, 2019a).

A Outorga de direito de uso é o ato administrativo mediante o qual se faculta ao outorgado o direito de uso de recursos hídricos, por prazo e nos termos determinados. O ato administrativo pode ser materializado na forma de Resolução, de Despacho ou de Registro. Em fevereiro de 2020, foi lançado o mapa interativo do cadastro de outorgas e registros de usos de recursos hídricos com

²⁶As principais normas regulatórias elaboradas pela Agência Reguladora (Adasa) são relacionadas no item 3.4 deste trabalho e estão disponíveis em: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacao/resolucoes-adasa>. Acesso em 10 ago 2020.

informações relativas ao direito de uso da água concedido pelo órgão regulador, constituindo-se em importante ferramenta de gestão²⁷ (ADASA, 2019a).

A Cobrança pelo uso dos recursos hídricos é um dos instrumentos de gestão estabelecidos pela Lei 2.725/01, tendo por objetivo o reconhecimento da água como um bem econômico e insumo produtivo, dando ao usuário a indicação do seu real valor. Em 2019, foram finalizados estudos, com participação da Adasa, relativos ao instrumento cobrança, com posterior aprovação pelos Comitês de Bacia e pelo Conselho Distrital de Recursos Hídricos. A cobrança pelo uso constitui-se em importante instrumento de gestão para o direcionamento ao uso racional, bem como para a arrecadação de recursos que devem ser aplicados, prioritariamente, nas bacias hidrográfica distritais (ADASA, 2019a).

O Enquadramento dos corpos em classes segundo os seus usos preponderantes constitui em um dos instrumento da Política Distrital de Recursos Hídricos que “visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, diminuir os custos de gestão de recursos hídricos e assegurar perenidade quantitativa e qualitativa de recursos hídricos” (DISTRITO FEDERAL, 2001). O enquadramento foi aprovado pela Resolução n. 02, de 17 de dezembro de 2014, do Conselho de Recursos Hídricos do DF, constituindo-se em importante instrumento para a manutenção da qualidade da água dos rios e mananciais de abastecimento do DF (ADASA, 2019a).

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SIRH-DF) abrange atividades de coleta, tratamento, armazenamento, recuperação de dados e difusão de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. O SIRH-DF²⁸ foi oficialmente lançado em 2017 com informações sobre os registros de outorgas de captação de águas superficiais/subterrâneas, fiscalização por meio de imagens de monitoramento aéreo, informações de monitoramento remoto e in loco de vazão de córregos e rios, volume dos reservatórios e qualidade da água, além de mapas e boletins (ADASA, 2019a).

No **Quadro 7** apresenta-se síntese da situação dos instrumentos da política de recursos hídricos do DF mencionados acima. Verifica-se que dos instrumentos de gestão estabelecidos na Lei n. 2.725/01, somente os planos das bacias hidrográficas do Rio Maranhão e Rio Preto ainda

²⁷ O mapa interativo do cadastro de outorgas de direito de uso do DF pode ser consultado no sistema de informação sobre recursos hídricos, disponível no link: <http://gis.adasa.df.gov.br/portal/home/>. Acesso em 06 ago 2020.

²⁸ O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SIRH-DF) pode ser acessado por meio do link <http://gis.adasa.df.gov.br/portal/home/>. Acesso em 06 ago 2020.

não possuem nenhum grau de implementação. Os demais instrumentos ou já estão implementados ou estão em processo de implementação, o que contribui para a efetividade da gestão dos recursos hídricos nesta unidade da federação, bem como para a segurança hídrica de sistema de abastecimento de água inseridos nas bacias hidrográficas do DF.

Quadro 7 – Situação dos instrumentos de gestão da política de recursos hídricos do DF

Instrumento	Abrangência	Situação
Plano Recursos Hídricos	Distrital	Implementado em 2006 e revisado em 2006
	Bacias Distritais (Paranaíba-DF)	Aprovado em 2020
	Bacias Distritais (Maranhão e Preto)	Não elaborado
Outorga	Corpos de água da União e Distritais	Implementado
Cobrança	Corpos de água da União	Implementado
	Corpos de água Distritais	Em implementação
Enquadramento	Corpos de água da União	Implementado
	Corpos de água Distritais	Implementado
Sistema de informações (SIRH-DF)	Distrital	Implementado

Fonte: o autor, baseado em Adasa (2019b) e Distrito Federal (2017b)

Constatou-se, ainda, a implementação de outras ferramentas de gestão que orbitam e complementam os tradicionais instrumentos previstos na Lei 2.725/01, sendo o Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos, a Alocação Negociada, a Fiscalização do Uso dos Recursos Hídricos, a Gestão de Crise e a Gestão de Riscos, conforme esquematizado na **Figura 16**.

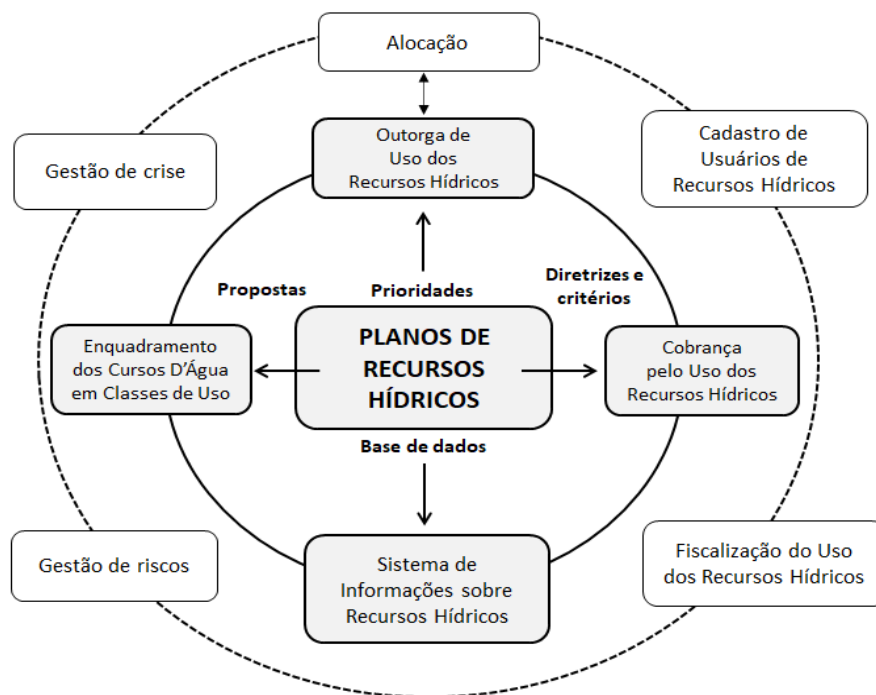


Figura 16 – Instrumentos e ferramentas da Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal.

Fonte: o autor

O Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos é uma importante ferramenta para aplicação dos instrumentos da Política de Recursos Hídricos, especialmente a Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Deve ser realizado de forma planejada, buscando a obtenção de informações de demandas e dos usos existentes, com vistas à sua regularização e ao planejamento de outras ações na bacia. Os dados de usuários mantidos pela Adasa são repassados, anualmente, a ANA para composição do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH (ADASA, 2018c).

A Alocação Negociada de Água tem o objetivo de realizar o compartilhamento da água, em determinada bacia hidrográfica, sobretudo durante o período seco, quando a quantidade demandada é maior que a quantidade disponível. As regras de divisão são estabelecidas com a participação dos usuários detentores de outorga de direito de uso de recursos hídricos. No DF, o processo de Alocação Negociada está regulamentado pela Resolução n. 04, 17 de março de 2017, sendo aplicado nas bacias do Rio Pípiripau, Rio Extrema, Rio Jardim e Alto Rio Descoberto, sempre que necessário (ADASA, 2018c).

As Atividades de Fiscalização do Uso dos Recursos Hídricos buscam assegurar os padrões de qualidade e quantidade aos usos múltiplos da água de acordo com as normas legais e regulamentares. As ações de fiscalização empreendidas pela Adasa seguem a planejamento anual e primam por orientar os usuários, objetivando prevenir condutas ilícitas e indesejáveis, visando ao cumprimento das outorgas estabelecidas, os acordos de alocação negociados e o tratamento isonômico entre os usuários (ADASA, 2018c).

Em relação a ferramenta de Gestão de Crise constatou-se aplicação de importantes medidas de gestão durante o período de Crise Hídrica de 2016-2018²⁹, no qual a Adasa em conjunto com a Caesb e demais órgãos envolvidos com a governança dos recursos hídricos no DF adotaram medidas de resposta e recuperação ao problema, dentre as quais se destacaram: restrição do uso da água bruta; alocação negociada; tarifa de contingência; redução da pressão na rede de distribuição de água potável; rodízio de abastecimento; definição de volumes de referência; ampliação da integração de sistemas de distribuição e ampliação de fontes de abastecimento com novas captações de água (DINIZ et al., 2018).

A aplicação da ferramenta de Gestão de Risco pode ser constatada por meio da definição anual de curvas de referência para os reservatórios do Descoberto e Santa Maria, nas quais são

²⁹ As ações de gestão implementadas no período da Crise Hídrica 2016-2018 são abordadas no item 4 deste estudo.

estabelecidas trajetórias de decaimento dos volumes úteis, abaixo das quais medidas de gestão podem ser disparadas de forma preventiva. Além da avaliação do comportamento pluviométrico e hidrológico dos reservatórios e seus afluentes, os estudos de definição das curvas consideram as ações de ampliação e integração entre os sistemas de abastecimento (ADASA, 2018c).

Destaca-se, ainda, a previsão no PRH-Paranaíba-DF de uma ação específica que objetiva a elaboração de um Plano de Contingência Hídrica para o DF³⁰, abrangendo as situações de escassez prolongada que possam colocar em risco o abastecimento e os usos múltiplos da água, objetivando aumentar a segurança hídrica e apontar procedimentos de monitoramento e alerta de emergências (ADASA, 2019a).

3.6.2 Instrumentos de gestão do serviço de abastecimento de água

Em relação a política de saneamento básico do DF, em específico a vertente de abastecimento de água, destaca-se a evolução dos instrumentos de gestão previstos na Lei n. 4.285/2008 em direção ao cenário ideal de segurança hídrica, tais como o Plano Distrital de Saneamento Básico, o Contrato de Concessão, a Fiscalização Técnica e Econômico-Financeira e o Sistema de Informações em Saneamento.

A Lei n. 6.454/2019 institui o Plano Distrital de Saneamento Básico do Distrito Federal (PDSB), no qual estão previstas um total de 192 intervenções no sistema de abastecimento de água, relacionadas aos segmentos de produção, distribuição e reservação, com horizonte de curto (2018-2021), médio (2022-2025) e longo prazo (2026-2037). O total de intervenções representa investimentos estimados em 1,8 bilhões de reais em 20 anos (DISTRITO FEDERAL, 2017b).

O Contrato de Concessão n. 001/2006 foi assinado em 23 de fevereiro de 2006, entre a Adasa e a Caesb. A concessão tem prazo de vigência até 31 de janeiro de 2032, regulando as condições da exploração dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, objeto da concessão da qual a Caesb é a prestadora dos serviços para toda a área do DF (ADASA, 2018a).

A Fiscalização técnica e econômico-financeira da prestação dos serviços é evidenciada por meio do Plano Anual de Fiscalização dos Serviços (PAF) que objetiva realizar inspeções das instalações físicas, monitoramento de informações críticas da qualidade dos serviços e avaliação estratégica por meio de indicadores de desempenho. O PAF também visa dar conhecimento aos usuários e à própria concessionária das ações empreendidas pela Adasa relativas a sua atuação na

³⁰ O Plano de Contingência Hídrica para o DF é abordado de forma detalhada no item 3.6.4 deste estudo.

fiscalização dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário no DF (ADASA, 2018a).

O sistema de informações sobre Saneamento Básico objetiva disponibilizar estatísticas, indicadores e outras informações relevantes para a caracterização da oferta e da demanda dos serviços, além de dar transparência das ações de gestão para a sociedade. No sítio eletrônico da Adasa³¹ estão disponíveis, por meio de painéis e relatórios, informações sobre os serviços de abastecimento de água, tais como consumo urbano, vazões captadas, reclamações dos usuários, hidrometração individualizada, eficiência operacional das estações de tratamento de esgoto. Entretanto, o sistema de informações ainda não está institucionalizado e pode ser considerado em processo de implementação (ADASA, 2018a).

No **Quadro 8** apresenta-se síntese da situação dos instrumentos da política de saneamento básico do DF mencionados acima. Verifica-se que dos instrumentos de gestão estabelecidos na Lei n. 4.285/08, somente o sistema de informações em saneamento básico está em processo de implantação. Os demais instrumentos já estão implementados e em processo de consolidação, o que contribui para a efetividade da gestão dos serviços de abastecimento de água nesta unidade da federação, bem como para a segurança hídrica dos sistemas urbanos de abastecimento.

Quadro 8 – Situação dos instrumentos de gestão da política de saneamento básico do DF

Instrumento	Abrangência	Situação
Plano Distrital de Saneamento Básico (PDSB)	Distrital	Implementado
Contrato de Concessão	Distrital	Implementado
Fiscalização técnica	Distrital	Implementado
Fiscalização econômico-financeira	Distrital	Implementado
Sistema de Informações sobre saneamento	Distrital	Em Implementação

Fonte: o autor, baseado em Adasa (2019b) e Distrito Federal (2017b)

Da mesma forma que verificado na Política de Recursos Hídricos é possível apontar outras ferramentas de gestão que orbitam e complementam os tradicionais instrumentos previsto na Lei n. 4.285/2008, sendo a Regulamentação da Prestação dos Serviços, Indicadores de Desempenho, Gestão de Crise e Gestão de Risco (**Figura 17**).

³¹ Os painéis de informações do monitoramento regular dos serviços de abastecimento de água e esgoto estão disponíveis na página <http://www.adasa.df.gov.br/fiscalizacao-sae1/fiscalizacao-indireta/monitoramento-regular>. Acesso em 10 ago 2020.

A Regulamentação da Prestação dos Serviços de abastecimento pode ser constatada por meio da edição de normas de condições gerais de uso dos serviços (Resolução n. 014/2011), de aplicação de penalidades (Resolução n. 014/2011), de sistemas prediais de reuso de água não potável em edificações residenciais (Resolução n. 003/2019), de metodologia de revisão tarifária (Resolução n. 15/2014), de manual de contabilidade regulatória (Resolução n. 024/2016), dentre outras.³²

Outra importante ferramenta implementada foi a definição de indicadores de desempenho e estabelecimento de metodologia de avaliação (Resolução n. 008/2016), além do processo de auditoria e certificação de dados (Resolução n. 010/2019), que possibilitam a melhoria da qualidade das informações regulatória e a diminuição da assimetria de informações entre o regulador e o prestador.³³

Em relação a ferramenta de Gestão de Crise, conforme já abordado na discussão dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, verificou-se avanços durante o período de crise hídrica de 2016-2018, no qual foram estabelecidas medidas em conjunto por parte da Adasa e Caesb para recuperação dos sistemas de abastecimento e continuidade da prestação dos serviços.

A Gestão de Risco, juntamente com a Gestão de Crise, foi regulamentada por meio da Resolução n. 015/2019 que estabeleceu diretrizes e procedimentos para elaboração pelo prestador de serviços de Plano de Contingência e Emergência, definindo as ações preventivas e corretivas decorrentes de situações emergenciais, como secas, extravasamentos em redes de esgotos, rupturas de adutoras e barragens, incêndios e outras acidentes que possam ocasionar desabastecimento ou riscos à vida e à saúde pública. No entanto, o plano ainda está em processo de elaboração pela Caesb.

³² As principais normas de regulamentação da prestação dos serviços de abastecimento de água foram relacionadas no item 3.5 deste estudo.

³³ Os relatórios de avaliação dos serviços de abastecimento de água estão disponíveis na página <http://www.adasa.df.gov.br/fiscalizacao-sae1/fiscalizacao-indireta/indicadores-de-desempenho>. Acesso em 10 ago 2020.

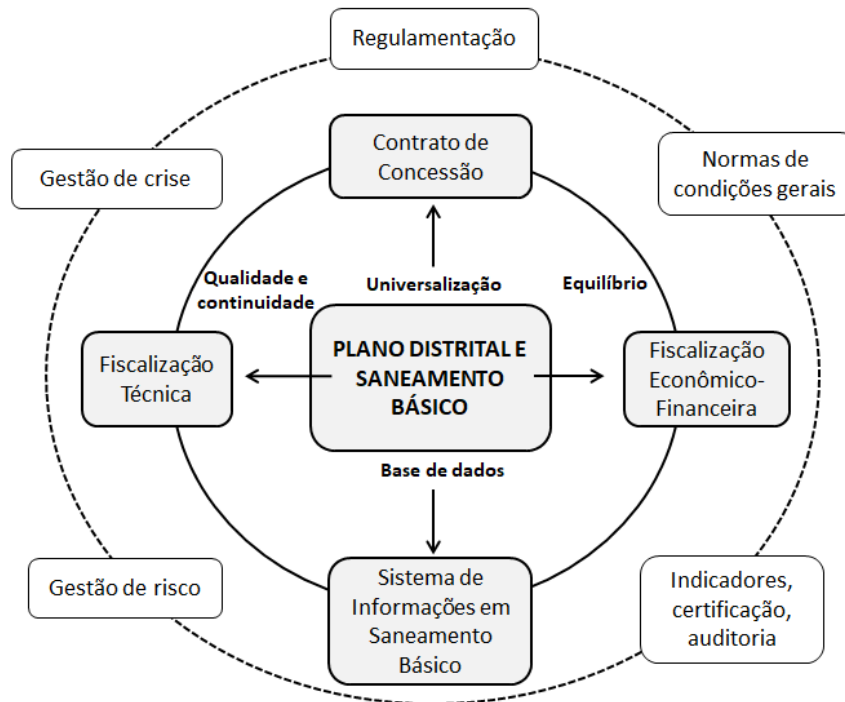


Figura 17 – Instrumentos e ferramentas da Política de Saneamento Básico do Distrito Federal.
Fonte: o autor

3.6.3 Integração entre os instrumentos de gestão

A implementação dos instrumentos de gestão das políticas de recursos hídricos e abastecimento de água constitui-se em ponto importante na busca do cenário ideal de segurança hídrica para abastecimento urbano. Para isso, os instrumentos de planejamento (planos de recursos hídricos e de saneamento básico) são fundamentais e pontos centrais, tendo em vista que, geralmente, o conteúdo dos planos já aborda ações necessárias para a efetivação dos demais instrumentos de gestão.

Os planos podem ser utilizados também como pontos de integração entre as políticas de recursos hídricos e de saneamento básico, fazendo com que a visão mais ampla dos planos de recursos hídricos, que abrangem toda a bacia hidrográfica e os demais usos da água, incorpore ações mais específicas dos planos de saneamento básico, tais como a gestão das infraestruturas de abastecimento e a qualidade dos efluentes lançados por estações de tratamento de esgoto, planejadas em uma escala de município/distrital.

Neste contexto, identificou-se avanço para a gestão de recursos hídricos do DF o fato da incorporação de programas do Plano Distrital de Saneamento Básico (PDSB) pelo Plano de Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Paranaíba-DF (PRH Paranaíba-DF), possibilitando a convergência das ações de planejamento no âmbito das duas políticas públicas.

Conforme demonstra-se na **Figura 18**, a convergência entre os dois planos foi efetuada por meio do Componente 3 – Saneamento Ambiental, que incorporou os Programas 3.1 Saneamento Urbano e 3.2 Saneamento Rural. Além disso, foi estabelecido um componente específico de segurança hídrica (Componente 2) contendo os Programas 2.1 Plano de Contingência, 2.2 Incremento da disponibilidade hídrica e 2.3 Eficiência da água que se relaciona com a segurança hídrica para abastecimento.

Componente 1: Gestão dos Recursos Hídricos	Componente 3: Saneamento Ambiental
Programa 1.1 Instrumentos de Gestão	Programa 3.1 Saneamento Urbano
Programa 1.2 Articulação e Fortalecimento Institucional	Programa 3.2 Saneamento Rural
Programa 1.3 Comunicação e Mobilização Social	
Programa 1.4 Ampliação do Conhecimento da Área de Estudo	
Componente 2: Segurança Hídrica	Componente 4: Conservação e Proteção dos RH
Programa 2.1 Plano de Contingência	Programa 4.1 Áreas Prioritárias para Conservação
Programa 2.2 Incremento da Disponibilidade Hídrica	Programa 4.2 Pagamento por Serviços Ambientais
Programa 2.3 Uso Eficiente da Água	Programa 4.3 Pagamento por Serviços Ambientais

Figura 18 – Componentes e programas do PRH Paranaíba-DF

Fonte: adaptado de Adasa (2019a)

No **Quadro 9** apresenta-se o detalhamento dos Componentes 2 e 3 do PRH Paranaíba-DF, para os quais foram estabelecidas um total de 5 (cinco) programas e 8 (oito) ações de gestão.

Quadro 9 – Ações estabelecidas para os componentes 2 e 3 do PRH Paranaíba-DF

Componente	Programa	Ação
Componente 2: Segurança Hídrica	2.1 Plano de Contingência	2.1.1 Elaboração do Plano de Contingência Hídrica
	2.2 Incremento da Disponibilidade Hídrica	2.2.1. Avaliação de Alternativas para Incremento da Disponibilidade Hídrica Superficial
	2.3 Uso Eficiente da Água	2.3.1 Aumento da Eficiência do Uso da Água na Irrigação
Componente 3: Saneamento Ambiental	3.1 Saneamento Urbano	3.1.1 Melhorias no Abastecimento de Água
		3.1.2 Melhorias no Sistema de Esgotamento Sanitário
		3.1.3 Melhorias na Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos
		3.1.4 Melhorias na Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais
	3.2 Saneamento Rural	3.2.1 Ampliação do Saneamento Rural

Fonte: adaptado de Adasa (2019a)

As ações estabelecidas contribuem para as quatro vertentes da segurança hídrica (humana, econômica, ecossistêmica e resiliência)³⁴ em um contexto amplo, contudo a elaboração do plano de contingência hídrica (item 2.1.1) relaciona-se diretamente com o gerenciamento de riscos e monitoramento da disponibilidade hídrica necessários à garantia dos usos múltiplos da água, incluindo o uso para abastecimento urbano.

3.6.4 Plano de contingência hídrica para o DF

O Plano de Contingência Hídrica previsto no PRH Paranaíba-DF, deve abranger as situações de escassez prolongada, que possam colocar em risco o abastecimento e os usos múltiplos da água, e as situações de monitoramento e segurança de barragens, controlando o risco de rompimento ou restrição de uso das mesmas, objetivando aumentar a segurança hídrica e apontar procedimentos de monitoramento e alerta de emergências, relacionados à ações de mitigação e prevenção de impactos da ocorrência de escassez hídrica. A abrangência desta ação estende-se por todas as bacias hidrográficas que integram o PRH-Paranaíba-DF (São Bartolomeu, São Marcos, Lago Paranoá, Descoberto e Corumbá) (ADASA, 2019a).

As metas para a elaboração do Plano de Contingência Hídrica são:

- i. definir grupo de trabalho para organizar o escopo dos levantamentos e estudos necessários, bem como da metodologia de construção do Plano de Contingência Hídrica até 2020.
- ii. executar as atividades necessárias para subsidiar a elaboração do Plano de Contingência Hídrica, incluindo eventuais contratações de estudos e consultorias até 2021.
- iii. elaborar e implementar o Plano de Contingência Hídrica a partir de uma ampla articulação entre os entes do SIGRH-DF até 2022, prevendo revisões e atualizações a cada cinco anos (ADASA, 2019a).

O Plano deverá contar com:

- i. sistema de monitoramento, critérios de sinalização de tendências e alertas que mantenham os usuários de água informados sobre os níveis de risco de restrições de vazão;
- ii. conforme o nível de risco estabelecido, deverão ser pactuadas ações que visem prevenir, evitar ou mitigar a concretização das tendências de restrições de vazão, antecipando o cenário de restrição de vazão e atenuando o impacto de sua concretização;
- iii. deverá ser elaborado um conjunto de ações de prevenção à tendência de

³⁴ O conceito de segurança hídrica pode ser desmembrado em quatro dimensões: (1) humana: garantia do acesso à água adequada às necessidades básicas e bem-estar da população; (2) econômica: garantia de suprimento de água para atividades produtivas e usos múltiplos; (3) ecossistêmica: preservação de ecossistemas e da água em benefício da natureza e das pessoas; e (4) resiliência: resposta a eventos extremos, como secas e inundações (ONU, 2019)

escassez, com formação de fóruns, revisão de outorgas, alocações negociadas de água, priorização de obras e ações, bem como ações de comunicação visando à mobilização da sociedade e usuários de água em função de risco de escassez. Há necessidade de estabelecer procedimentos de negociação com cada tipo de usuário, especialmente de abastecimento humano e de irrigação;

- iv. plano de ação de emergência: documento que contém os procedimentos para atuação em situações de emergência, configurado o cenário de restrição de vazão. No plano de emergência, deverão ser indicadas ações, metas, procedimentos, indicadores e responsáveis, que serão monitorados quanto a sua capacidade de atuação em caso de necessidade de implementação das ações de emergência previstas;
- v. O Plano de Contingência Hídrica deverá prever um programa de atividades de manutenção, atualização (nomes, contatos e recursos dos responsáveis) e revisões e atualizações gerais a cada cinco anos, à luz de informações atualizadas (ADASA, 2019a).

O acompanhamento dessa ação deverá ser realizado por intermédio de avaliação anual abordando o status do seu andamento e a análise dos resultados obtidos. Foi sugerido que tal avaliação seja executada na forma de oficina, no âmbito de uma atividade protagonizada pelo CBH Paranaíba-DF e apoiada pela Agência de Bacia/Adasa, que abordará indicadores qualitativos e quantitativos, orientando a proposição ou aprimoramento das atividades propostas (ADASA, 2019a).

Esta ação deve ser liderada pela Adasa, no exercício de suas atribuições de órgão gestor de recursos hídricos, mas deve incluir todos os entes do SIGRH-DF, com respaldo do primeiro escalão da esfera governamental, por conta da necessidade de mobilização de um amplo espectro de órgãos e instituições governamentais propostas (ADASA, 2019a).

3.6.5 Plano de contingência para o abastecimento urbano no DF

A Resolução n. 15, de 23 de dezembro de 2019, estabeleceu as diretrizes e procedimentos para elaboração e apresentação pela prestadora (Caesb) de Plano de Exploração dos serviços de abastecimento de água, composto por: (i) Planos de Expansão, (ii) Plano de Manutenção Operacional e (iii) Plano de Contingência para o abastecimento urbano (ADASA, 2019c).

O Plano de Contingência para o abastecimento urbano objetiva definir um conjunto de procedimentos que permita à prestadora (Caesb) de abastecimento de água atuar de maneira efetiva e coordenada diante de uma contingência ou emergência, decorrente de eventuais desastres naturais, acidentes, eventos climáticos extremos, incluindo a análise dos riscos e avaliação das vulnerabilidades dos sistemas, bem como ações de prevenção e de minimização da probabilidade de ocorrência destes (ADASA, 2019c).

O plano deverá apresentar a seguinte estrutura:

- i. Objetivos do plano:
- ii. Análise e avaliação de riscos: identificação dos fatores de riscos e os possíveis danos a que a população, a infraestrutura e os sistemas estão expostos; a descrição das metodologias de análises de riscos utilizadas, razões para a seleção, as limitações, as vantagens de análises qualitativas e quantitativas; a avaliação do risco associado a ameaça que produzam danos no sistema pela ação de um fenômeno natural ou antrópico a partir da identificação da probabilidade de ocorrência; análise quantitativa de probabilidade de riscos, com a frequência estimada qualitativamente, de forma que seja possível a hierarquização; a classificação dos incidentes ou acidentes quanto à severidade do impacto, distinguindo entre riscos significantes e menos significativos; a priorização dos riscos em função do impacto sobre a capacidade dos sistemas;
- iii. Avaliação de impactos dos perigos: a identificação das áreas de riscos e a quantificação da população atingida, especificamente com o desabastecimento, as dificuldades ou interrupção das formas de acesso, contaminação e outros; a descrição das áreas de influência direta dos sistemas que poderão sofrer os impactos decorrentes de incidentes ou acidentes de poluição, contaminação, ruptura, vazamento e outros; a apresentação de matriz de riscos e impactos, a partir de dados do inventário de riscos e da vulnerabilidade dos sistemas;
- iv. Avaliação das vulnerabilidades dos sistemas: identificação dos potenciais riscos e eventos perigosos do sistema de abastecimento; avaliação dos níveis de riscos apresentados e as consequências dos impactos causados por incidentes ou acidentes decorrentes de eventos imprevistos indesejados; análise dos riscos que os sistemas enfrentam como consequência das seguintes externalidades: diminuição da capacidade dos mananciais por razões climáticas, sobre-exploração ou ações antrópicas, contaminação dos mananciais, reenquadramento dos corpos hídricos entre outros.
- v. Programação de ações em situações emergenciais: descrição da estrutura mínima e dos recursos necessários para o desenvolvimento das ações passando pela estratégia de articulação entre órgãos e entidades públicas envolvidas, além da proposição do modelo institucional adequado à implantação e do plano de comunicação à população; identificação dos consumos prioritários e dos respectivos suprimentos, em caso de desabastecimento temporário de curto prazo (dias) e de longo prazo (semanas e até meses), com identificação das fontes alternativas, dos equipamentos de reposição e do fornecimento emergencial de produtos químicos;
- vi. Operacionalização do plano em situações emergenciais: identificação dos responsáveis pelas ações; descrição da estrutura mínima e dos recursos necessários para o desenvolvimento das ações;
- vii. Programação de ações preventivas: programação e a realização de atividades de simulação de ocorrências, planejando os recursos necessários e identificando as entidades envolvidas em cada atividade (ADASA, 2019c).

3.6.6 Integração entre os planos de contingência

O Plano de Contingência Hídrica do DF, previsto no PRH Paranaíba-DF, possuirá fundamental importância no cenário da segurança hídrica do DF, tendo em vista que conterà sistema monitoramento, critérios de sinalização de tendências e alertas de eventos críticos, bem como a priorização de ações que visem prevenir, evitar ou mitigar a concretização das tendências de restrições observadas, contribuindo para a manutenção de níveis aceitáveis de risco para os usos múltiplos da água.

Este plano está inserido na política de recursos hídricos e deve abranger todos os usos da água, incluindo os usos para abastecimento urbano (público), irrigação, industrial, criação de animais, dentre outros. No entanto, o Plano de Contingência para o abastecimento urbano a ser elaborado pela Caesb está inserido na política de saneamento básico, sendo específico para os sistemas urbanos de abastecimento de água.

Neste contexto, da mesma forma que os programas e ações do Plano Distrital de Recursos Hídricos (PDSB) foram recepcionados pelo PRH Paranaíba-DF, espera-se que Plano de Contingência para o abastecimento urbano seja incorporado ao Plano de Contingência Hídrica do DF, garantindo a compatibilidade das ações de contingência a serem planejadas e a economia de esforços na elaboração e atualização destes planos.

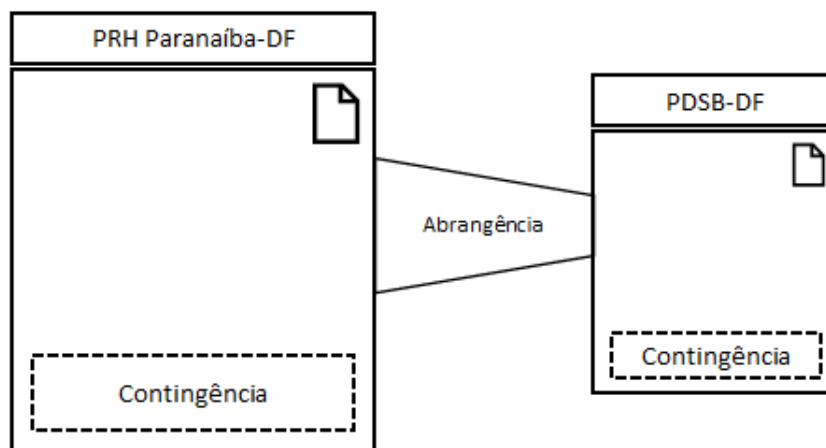


Figura 19 – Relacionamento entre os instrumentos de planejamento e contingência

Fonte: o autor

Segurança Hídrica, Crise Hídrica no DF e em Brazlândia

4 SEGURANÇA HÍDRICA, CRISE HÍDRICA NO DF E EM BRAZLÂNDIA

Os últimos anos, especialmente entre 2016 a 2018, foram marcados por período de seca no Distrito Federal, com volume de chuvas abaixo da média histórica. As vazões dos cursos d'água e os níveis dos reservatórios responsáveis pelo abastecimento do DF sofreram forte redução ao longo do ano, ocasionando uma crise no abastecimento de água para a população que alcançou tanto os sistemas integrados (Descoberto e Torto/Santa Maria) quanto os sistemas isolados (Brazlândia; Sobradinho/Planaltina; São Sebastião) (DISTRITO FEDERAL, 2017).

Devido a essa situação, a Adasa, em conjunto com Caesb e demais órgãos de envolvidos com a governança dos recursos hídricos do DF³⁵, adotaram medidas de gestão de crise para os sistemas integrados e isolados, dentre as quais se destacaram: restrição do uso da água bruta; alocação negociada; tarifa de contingência; redução da pressão na rede de distribuição de água potável; rodízio de abastecimento; definição de volumes de referência; ampliação da integração de sistemas de distribuição e ampliação de fontes de abastecimento com novas captações de água (DINIZ et al., 2018).

4.1 Gestão da crise hídrica nos sistemas integrados

A primeira medida implementada pela Adasa para gestão da crise nos sistemas integrados foi regulamentada pela Resolução n. 13, de 15 de agosto de 2016 que definiu ações de alerta a serem tomadas em função dos níveis dos principais reservatórios do DF (Descoberto e Santa Maria). Caso o volume útil estivesse inferior a 60%, isto significaria estado de “Atenção”; se o nível atingisse 40% era declarado o estado de “Alerta” e em se alcançando o volume de 20% o estado passava a “Restrição ao Uso”, no qual se tornava permitido o regime de racionamento a ser declarado pela Agência Reguladora (CAPODEFERRO et al., 2018).

Logo após, foi decretado o Estado Crítico de Escassez Hídrica pela Resolução n. 15, de 16 de setembro de 2016, com a suspensão das emissões de outorgas prévias e de direito de uso dos recursos hídricos superficiais para usos não-prioritários nas áreas de contribuição dos reservatórios Descoberto e Santa Maria e autorização da redução da pressão dinâmica nas redes de distribuição pela Caesb. Ainda neste cenário, foram interrompidas as concessões de novas outorgas para captação de água subterrânea, assim como reduzidas em 50% as vazões outorgadas aos seus

³⁵ O Comitê Técnico de Enfrentamento à Crise Hídrica 2016-2018 foi composto por 17 órgãos, dentre os quais destacam-se: ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal; CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal; SEAGRI – Secretaria de Agricultura e Desenvolvimento Rural; EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal; IBRAM – Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – Brasília Ambiental; AGEFIS – Agência de Fiscalização do Distrito Federal; PMDF/CPAM – Comando de Policiamento Ambiental (DISTRITO FEDERAL, 2017a)

usuários, através da publicação da Resolução n. 19, de 27 de outubro de 2016 (CAPODEFERRO et al., 2018).

Após decretado o Estado Crítico de Escassez Hídrica, foi estabelecida a Tarifa de Contingência pela Resolução n. 17, de 07 de outubro de 2016 para os serviços públicos de abastecimento de água do Distrito Federal. Os recursos provenientes da Tarifa de Contingência foram destinados ao financiamento de custos operacionais eficientes adicionais e de custos de capital adicionais diretamente relacionados ao combate à situação crítica de escassez, sendo priorizados os custos que propiciaram imediato aumento da disponibilidade hídrica. A Tarifa de contingência vigorou por seis meses até a suspensão da sua aplicação pela Resolução n. 08, de 15 de maio de 2017, após a arrecadação dos recursos necessário para cobertura dos custos adicionais apresentados pela concessionária (FREITAS et al., 2018).

Outro instrumento que passou a ser adotado a partir de maio de 2017 foram curvas de referência para o acompanhamento dos volumes nos reservatórios do descoberto (Resolução n. 09, de 15 de maio 2017) e do Santa Maria (Resolução n. 12, de 14 de junho de 2017). O objetivo das curvas foi, após o período de chuvas, avaliar se as medidas de restrição de uso da água em vigor eram suficientes para garantir o volume de água adequado nos reservatórios de abastecimento da população do DF (FREITAS et al., 2018).

A partir de janeiro de 2017, com os níveis do reservatório do Descoberto abaixo de 20% a Caesb iniciou rodízio do fornecimento de água nas regiões abastecidas pelos sistemas Descoberto e Torto/Santa Maria, a partir de Plano de Operação estruturado em 24 horas de desabastecimento em ciclo de 6 dias. Essas ações implicaram em redução média de 10% do consumo de água de toda a população do DF em 2017 (CAESB, 2017a).

O plano de rodízio considerou-se 0 h (zero hora) como o início das manobras de fechamento; 24 h como o início do período de reabastecimento do setor; 72 h como a previsão do término do processo de estabilização completa das redes de distribuição de água do setor; e, entre 72 e 144 h, como abastecimento estabilizado (GOUVEIA et al., 2018). Ao total foram 513 dias de racionamento, que durou de 16 de janeiro de 2017 até 15 de junho de 2018, com a revogação desta medida pela Resolução n. 06/2018 (FREITAS et al., 2018).

No plano de ação para enfrentamento à crise hídrica, a Caesb elaborou ações de investimentos extraordinários baseados em projetos de rápida implantação, visando a ampliação da integração dos sistemas e a construção dos subsistemas do Bananal (650 L/s) e do lago Norte (700 L/s). O subsistema do Lago Norte, compreendeu uma captação por meio de balsas flutuantes

no Lago Paranoá, além de estação de tratamento de água compacta, com utilização de membranas de ultrafiltração. O subsistema do Bananal foi implementado por meio de uma nova captação e adução de água bruta a ser tratada na ETA Brasília (CAESB, 2017a).

A implantação dos novos subsistemas propiciou direcionar a produção da ETA Brasília para a região de atendimento do Sistema Descoberto por meio da integração entre os sistemas. Essa ação foi equivalente a uma transposição de bacias, porém com impacto ambiental nulo. (MUHLHOFER; VASCONCELOS, 2018).

As medidas de restrição de uso da água foram sendo ajustadas por meio de novas resoluções na medida da disponibilidade hídrica verificada nos reservatórios do Descoberto e Torto/Santa Maria até a decretação do fim da Situação Crítica de Escassez Hídrica nestes reservatórios pela Resolução n. 36, de 20 de dezembro de 2018. Essa resolução também estabeleceu os critérios a serem utilizados para a concessão de outorga de direito de uso de recursos hídricos à montante do reservatório do Descoberto a partir da data de sua publicação (FREITAS et al., 2018).

4.2 Gestão da crise hídrica nos sistemas isolados

A Resolução n. 16, de 21 de setembro de 2016 declarou estado de restrição de uso dos recursos hídricos e o regime de restrição do abastecimento de água potável nas regiões administrativas de São Sebastião, Sobradinho I e II, Planaltina e Brazlândia, atendidas pelos denominados sistemas isolados operados pela Caesb (ADASA, 2016a).

Dentre as principais medidas estabelecidas pela referida Resolução destacam-se: i) redução de 50% (150 L/s) da vazão outorgada à Associação dos Usuários do Canal Santos Dumont; ii) autorização à Caesb para implementação de rodízio no fornecimento de água potável para as regiões administrativas atendidas pelos sistemas por meio da elaboração de plano de rodízio semanal (ADASA, 2016a). O estado restrição de uso dos recursos hídricos foi revogado pela Resolução n. 22, de 09 de dezembro de 2016, quando as vazões dos córregos integrantes dos sistemas isolados retornaram a níveis de segurança (ADASA, 2016b).

Em 2017, porém, estes sistemas entraram novamente em estado de restrição de uso declarado pela Resolução n. 21, de 08 de setembro de 2017. Essa Resolução autorizou as seguintes ações de racionamento a serem efetuadas pela Caesb: i) redução da pressão na rede de distribuição; ii) rodízio do fornecimento de água; iii) paralização parcial do sistema de abastecimento com vistas à redução da oferta de água e iv) incremento de medidas de incentivo à redução de consumo, especialmente campanhas para estímulo à economia de água (ADASA, 2017). As medidas de

acionamento foram revogadas pela Resolução n. 13, de 06 de julho de 2018, novamente quando as vazões dos córregos retornaram a níveis de segurança, julgados pela Adasa (ADASA, 2018d).

Com o melhor controle sobre as condições dos reservatórios e das outorgas, na segunda metade de 2018, foram negociados e articulados projetos e ações que aumentassem a segurança hídrica dos sistemas isolados de abastecimento³⁶. Para tal, a Caesb foi autorizada pela Adasa a utilizar recursos da Tarifa de Contingência para perfuração de poços³⁷ nos sistemas de Brazlândia e Sobradinho-Planaltina, bem como a compra de tubos e materiais para a tubulação do Canal Santos Dumont, na Bacia do Ribeirão Pipiripau (FREITAS et al., 2018).

Outra ação autorizada com o mesmo fim, por meio da Resolução n. 35, de 20 de dezembro de 2018, autorizando o uso de recursos da Tarifa de Contingência para ações voltadas à interligação do sistema Torto-Santa Maria para o sistema Sobradinho-Planaltina³⁸, que é totalmente dependente da vazão de pequenos rios, pois não possui qualquer reservatório de regularização da disponibilidade hídrica, o que o deixa mais vulnerável a períodos longos de seca, como o vivenciado (FREITAS et al., 2018).

4.3 Segurança hídrica para abastecimento do SAA Brazlândia

O Distrito Federal é uma região vulnerável às secas e sofreu racionamento de abastecimento de água pela primeira vez em sua história. É premente diminuir sua vulnerabilidade e implementar mecanismos capazes de aumentar a resiliência dos sistemas de abastecimento de água diante de eventos extremos (FREITAS; SALLES, 2018).

As discussões sobre as principais causas da crise hídrica no DF envolvem questões relacionadas ao crescimento populacional, à ocupação do território, a problemas decorrentes de fatores climáticos, ao planejamento e à gestão adequada dos recursos hídricos, à existência de infraestrutura adequada para garantir a quantidade de água necessária para todas as finalidades. Ressalte-se que todos esses fatores contribuem para gerar crises hídricas e, portanto, também

³⁶ As ações de gestão implementadas no sistema isolado de Brazlândia, visando ao aumento da segurança hídrica são discutidas no item 6.3 deste estudo.

³⁷ Em Brazlândia foram perfurados dois poços subterrâneos, totalizando aumento de vazão de 7,1 L/s, enquanto em Sobradinho foram feitas melhorias em poços existentes, perfurados outros dois poços subterrâneos e revestidos os canais secundários do Canal Santos Dumont, com vazão incremental de 88 L/s (BRANDÃO; LIMA; RAMOS, 2018).

³⁸ Conforme consta em Relatório de Fiscalização da Adasa (RVF011/2019) foi concluída primeira etapa de integração dos sistemas Torto/Santa Maria e Sobradinho/Planaltina em 2019 com aumento de disponibilidade de 55 L/s. O projeto final prevê transferências de 400 L/s até 2022. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/fiscalizacao-sae1/fiscalizacao-direta/relatorios-de-vistoria-e-fiscalizacao-rvf>.

constituem a base que deve ser conhecida e analisada para buscar maior segurança hídrica. (SALLES; FREITAS; LIMA, 2018).

A atuação dos mecanismos gestão da crise hídrica do DF, associada ao período chuvoso e obras de infraestrutura (novas captações de água), culminou na recuperação dos volumes úteis dos reservatórios do Descoberto e de Santa Maria, assim como impediu o colapso do abastecimento público de água. Este fato reafirma a importância de a entidade reguladora intervir em situações críticas. Além disso, demonstra a importância de ações integradas entre os setores de recursos hídricos e saneamento básico (CAPODEFERRO et al., 2018).

A necessidade de integração dessas ações fica ainda mais evidente nos sistemas isolados de abastecimento (Brazlândia, Sobradinho/Planaltina e São Sebastião), os quais além da falta de integração com os demais sistemas, não possuem reservatórios de acumulação para enfrentamento de longos períodos de estiagem como aquele observado no período de 2016 a 2018.

Apesar da denominação de sistemas isolados, Pereira e Itonaga (2018) apontam que dois dentre estes sistemas, Sobradinho/Planaltina e São Sebastião, possuem algum nível de integração com o sistema Torto/Santa Maria. Em 2018, as transferências desse sistema para os dois sistemas citados foram, respectivamente, de 80 L/s e 40 L/s, o que representa 12% e 33% da demanda total destes sistemas. Dessa forma, atualmente, no Distrito Federal, o único sistema realmente isolado e, portanto, mais vulnerável à ocorrência de interrupções é SAA Brazlândia.

Ainda segundo Pereira e Itonaga (2018) as ocorrências de desabastecimento do SAA Brazlândia são decorrentes dos seguintes fatos: (i) captações utilizadas sem reservatório; (2) redução significativa das vazões no período crítico de estiagem; (3) utilização da bacia do córrego Barroco para atividade agrícola, o que torna o uso da água concorrido em alguns períodos para atendimento conjunto das demandas agrícolas e da população urbana.

Neste contexto, a criticidade do SAA Brazlândia traz o foco de estudos sobre segurança hídrica para esse sistema, especialmente em relação à gestão dos riscos dos fatores de insegurança (estressores) relacionados à disponibilidade da água bruta e as vulnerabilidades da infraestrutura de abastecimento urbano instalada, visando à garantia da continuidade destes serviços à população.

Metodologia

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Tipo de pesquisa

A presente pesquisa pode ser classificada como descritiva e explicativa, realizada por meio de abordagem quantitativa (CRESWELL, 2010).

5.2 Principais etapas metodológicas

O estudo compreendeu as seguintes etapas metodológicas: (1) caracterização da área de estudo; (2) seleção e adaptação do modelo de avaliação da segurança hídrica; (3) coleta de dados; (4) avaliação da segurança hídrica por meio da aplicação do modelo selecionado; (5) levantamento das ações de gestão já implantadas ou em andamento/previstas com impacto sobre a segurança hídrica, e; (6) simulação de cenários de segurança hídrica, tendo por base as medidas de gestão planejadas, conforme esquematizado na **Figura 20**.

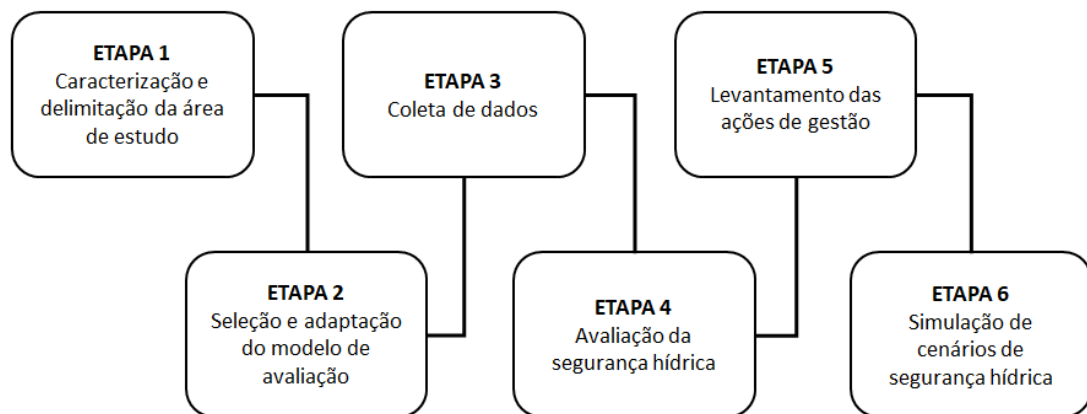


Figura 20 – Principais etapas metodológicas da pesquisa

5.3 Caracterização e delimitação da área de estudo

5.3.1 Região Administrativa de Brazlândia

Em 1933, Brazlândia foi criada como Distrito de Luziânia, tornando-se a Região Administrativa (RA IV) por meio da Lei n. 4.545, em 10 de dezembro de 1964, que dividiu o território do Distrito Federal em oito Regiões Administrativas (**Figura 21**). Na época da inauguração de Brasília a localidade possuía menos de 1.000 moradores. Atualmente, a região conta com 53 mil habitantes na área urbana e cerca de 30 mil na área rural (CODEPLAN, 2017).

A ocupação urbana inicialmente se deu ao longo do Córrego Veredinha, consolidando o Setor Tradicional. Em 1972, surgiram os Setores Norte e Sul, na margem oposta em relação ao córrego. Em 1984, inicia-se a ocupação da região norte, originando a Vila São José. Em 1991, é criado o Bairro Veredas, consolidando a ocupação urbana no entorno do Parque Ecológico

Veredinha, criado em 1992 visando preservar a Área de Proteção Permanente (APP) do Córrego de mesmo nome e suas nascentes (CODEPLAN, 2018).



Figura 21 – Localização da RA Brazlândia no Distrito Federal
Fonte: o autor, baseado em CODEPLAN (2018)

Por meio da **Figura 22**, observa-se a evolução da área urbana de Brazlândia entre os anos de 1958 e 2014, na qual verifica-se áreas consolidadas do Setor Tradicional, Setores Norte e Sul (verde) e Setor Veredas (amarelo), assim como áreas de ocupação mais recente na Vila São José (laranja) e adjacências das áreas consolidadas (vermelho).

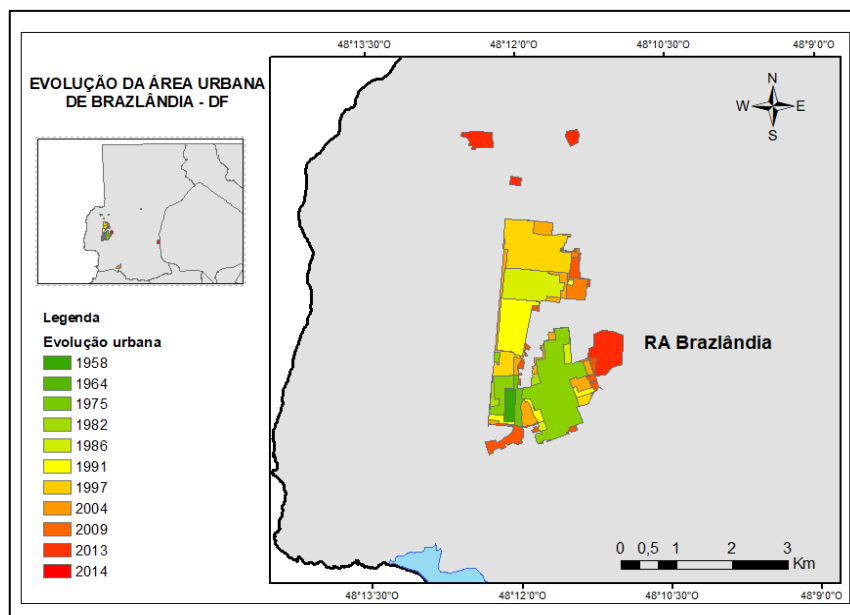


Figura 22 – Evolução urbana da RA Brazlândia
Fonte: o autor, baseado em SEDUH (2019a)

Entre 2011 e 2018, a população total urbana estimada de Brazlândia evoluiu de 49.418 para 53.534 habitantes, com crescimento de 8% (4.416 habitantes). Este valor ficou abaixo do crescimento percentual observado para o DF no mesmo período (16%), que teve incremento de 418.554 habitantes (**Tabela 1**) (CODEPLAN, 2017). Segundo projeção do Plano Distrital de Saneamento Básico, a população urbana da RA alcançará o valor de 59.347 mil habitantes em 2037, com incremento de 10,8% (5.813 habitantes) entre 2018 e 2037 (DISTRITO FEDERAL, 2017b).

Tabela 1 – Evolução da população da RA Brazlândia entre 2011 e 2018

Ano	População Urbana Brazlândia (hab.)	Incremento Brazlândia 2011 a 2018 (%)	População Urbana DF (hab.)	Incremento DF 2011 a 2018 (%)
2011	49.418		2.556.149	
2013	51.121	4.116 (8%)	2.786.684	418.554 (16%)
2015	51.816		2.906.574	
2018	53.534		2.974.703	

Fonte: o autor, baseado em CODEPLAN (2017, 2018)

A RA de Brazlândia é caracterizada por ser uma região com economia focada na produção hortifrutigranjeiros, possuindo 2.638 hectares de produção de hortaliças, 417 hectares de produção de frutas e 14 hectares de produção de grãos (CODEPLAN, 2018).

5.3.2 Caracterização do SAA Brazlândia

Segundo dados da Pesquisa Distrital por Amostras de Domicílios (PDAD), o sistema de abastecimento de água de Brazlândia (SAA Brazlândia) atende 48.455 habitantes da área urbana da região administrativa, o que corresponde 90,4% do total de 53.534 habitantes (CODEPLAN, 2018).

As áreas urbanas não atendidas por rede geral da Caesb fazem uso de poço/cisterna (6,41%), poço artesiano (2%) ou outras soluções alternativas (1,2%) (CODEPLAN, 2018). Dessa forma, existe déficit de atendimento de 9,6% por rede geral na área urbana, representado por 5.076 habitantes que ainda não estão ligados ao sistema.

O SAA Brazlândia é composto pelas captações superficiais nos córregos Barrocão e Capão da Onça, estação elevatória de água bruta do Barrocão, estação de tratamento de água (ETA Brazlândia), reservatórios de água tratada e rede de distribuição, conforme esquema da **Figura 23** (DISTRITO FEDERAL, 2017b).

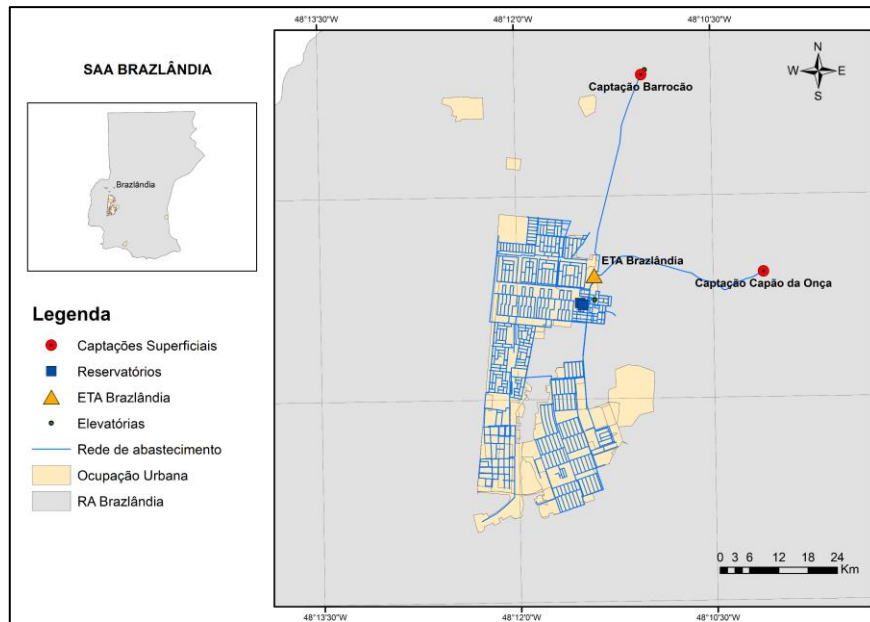


Figura 23 – Componentes do SAA Brazlândia
 Fonte: o autor, baseado em Distrito Federal (2017b)

a) Captações superficiais de água

O subsistema do SAA Brazlândia que se destina ao abastecimento da área urbana é formado pelas captações superficiais do Barroão (CAP.BRC.001) e Capão da Onça (CAP.CON.001). (CAESB, 2014). Na **Figura 24** e **Figura 25** ilustram-se as barragens de nível dos córregos do Barroão e Capão da Onça.



Figura 24 – Imagem aérea da captação do Barroão
 Fonte: Adasa (2019a)



Figura 25 – Imagem aérea da captação do Capão da Onça
Fonte: Adasa (2019a)

b) Elevatória de água bruta

Conforme mostra-se na **Figura 26**, o SAA Brazlândia possui uma estação elevatória de água bruta (EAB.BRC.001), responsável pelo bombeamento de água do córrego Barrocão até a estação de tratamento de água (ETA Brazlândia). Esta unidade é composta por 3 conjuntos de bombas, cada uma com potência de 125cv e vazão máxima de bombeamento de 101,1 L/s. A captação Capão da Onça dispensa bombeamento, sendo a água conduzida até a ETA Brazlândia por gravidade (DISTRITO FEDERAL, 2017b).



Figura 26 – Estação elevatória de água bruta (EAB.BRC.001)
Fonte: Distrito Federal (2017b)

c) Estação de tratamento de água

A operação da ETA Brazlândia foi iniciada em maio de 1995 com o funcionamento de módulo de tratamento, que possuía capacidade de 55 L/s. Em dezembro de 1999, a unidade foi ampliada com a instalação de mais dois módulos de tratamento, aumentando a produção para 165 L/s (SIAGUA, 2014).

Nesta oportunidade, foi implantada a recirculação da água de lavagem de filtros através da utilização do Sistema de Recuperação de Água de Lavagem (SRAL) O processo de tratamento empregado é o tratamento de água convencional (ciclo completo) com decantação ascendente. A ETA foi projetada em três módulos de fibra com capacidade unitária de 55 L/s. Cada módulo independente é constituído das etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração, sendo composto pelas seguintes unidades (DISTRITO FEDERAL, 2017b):

- 04 floculadores hidráulicos de seção circular;
- 02 decantadores de fluxo laminar;
- 04 filtros rápidos de gravidade com fluxo de filtração descendente, de dupla camada (areia e antracito).

A água bruta que chega à estação proveniente das captações do Barrocão e Capão da Onça é submetida as seguintes etapas de tratamento:

- aplicação eventual de cal hidratada para ajuste do pH de coagulação e cloração para pré-desinfecção na caixa de chegada;
- passagem da água por uma calha parshall para medição de vazão e adição do coagulante sulfato de alumínio líquido;
- a água coagulada segue para 12 (doze) floculadores hidráulicos onde ocorre o processo de formação de flocos;
- decantação dos flocos por meio de seis decantadores de alta taxa com placas em paralelo e fluxo de escoamento ascendente;
- filtração da água por meio de 12 (doze) filtros com fluxo de escoamento descendente, compostos de dupla camada de areia e antracito.
- adição de produtos químicos no tanque de aplicação, no qual são adicionados cloro para desinfecção final, fluossilicato de sódio e cal hidratada para correção do pH.

Após a finalização do processo de tratamento, a água segue para os reservatórios de onde é direcionada para o consumo público.

Na **Figura 27** ilustra-se as unidades de tratamento e os tanques de armazenamento de cloro da ETA Brazlândia.



Figura 27 – Imagens ilustrativas da ETA Brazlândia
 Fonte: Distrito Federal (2017b)

d) Reservatórios de água tratada

O sistema de reservação da água tratada que atende a região administrativa de Brazlândia possui 01 reservatório elevado (REL.BRZ.001) e 01 reservatório apoiado (RAP.BRZ.001) constituído por 3 câmaras, que totalizam uma capacidade de reservação³⁹ de 3.110 m³, conforme detalhado na **Figura 28**.



Figura 28 – Reservatórios de água tratada do SAA Brazlândia
 Fonte: Distrito Federal (2017b)

³⁹ Considerando a demanda de maior consumo do sistema de 121 L/s em 2019, o que corresponde a 10.454 m³, constata-se que a atual capacidade de armazenamento dos reservatórios de água tratada (3.110 m³) representa 1/3 dessa demanda, estando em padrões adequados, conforme premissas do Plano Distrital de Saneamento Básico que estabeleceu o limite de, pelo menos, um terço da maior demanda diária.

5.3.3 Delimitação da sub-bacias e da área de estudo

O SAA Brazlândia é composto pelas captações superficiais nos córregos Barroirão e Capão da Onça, ambos afluentes do Rio Descoberto (**Figura 29**).

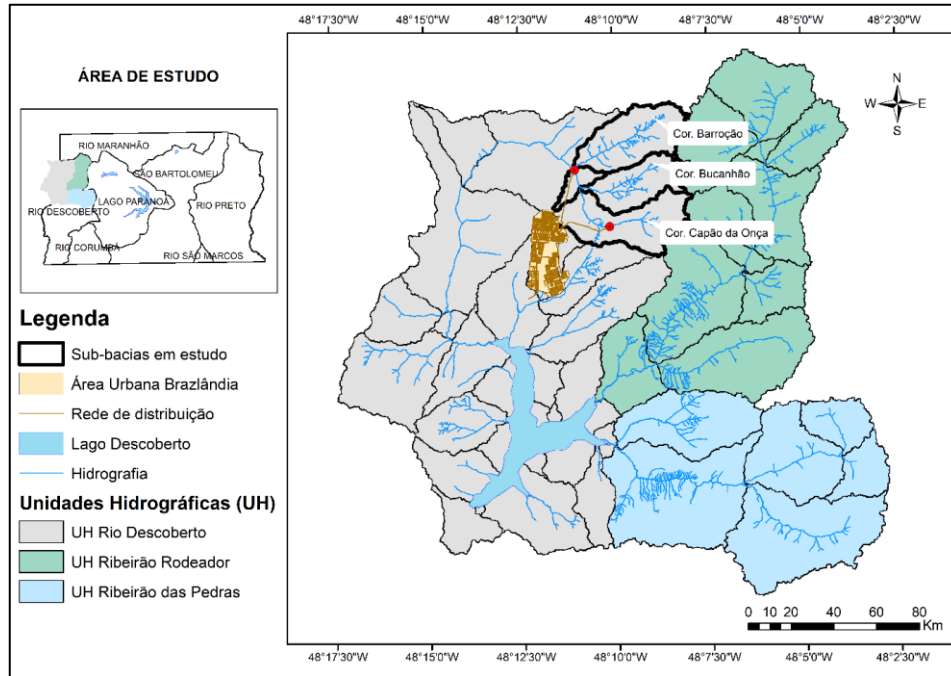


Figura 29 – Área de estudo contendo as sub-bacias hidrográficas dos Córregos Barroirão, Capão da Onça e Bucanhão.

A área de estudo para avaliação da segurança hídrica desse sistema, em termos de quantidade e qualidade da água, envolve a análise:

- (i) das sub-bacias dos córregos Barroirão, Capão da Onça e Bucanhão (afluente do Capão da Onça) a montante dos pontos de captação de água bruta;
- (ii) da infraestrutura de abastecimento do SAA Brazlândia para atendimento a área urbana;

As sub-bacias dos córregos Barroirão, Capão da Onça e Bucanhão estão localizadas na unidade hidrográfica (UH) do Rio Descoberto. Os citados córregos são afluentes do Rio Descoberto, que por sua vez deságua no Lago Descoberto, reservatório que atende 60% da população do Distrito Federal. As áreas de drenagem das sub-bacias somam 33,6 km² (Barroirão: 11,5 km²; Capão da Onça: 12,8 km² e Bucanhão: 9,3 km²), o que corresponde a 14,6% da área total da UH Rio Descoberto (229 km²).

5.4 Seleção do modelo de avaliação da segurança hídrica

A partir da pesquisa bibliográfica, foram selecionados 8 (oito) trabalhos que abordam a temática da segurança hídrica com aderência aos objetivos específicos propostos nesta pesquisa (ver Apêndice A). Os modelos de avaliação da segurança hídrica utilizados pelos autores foram analisados em termos de: objetivo geral; metodologia; estressores da bacia hidrográfica avaliados; análise de vulnerabilidade do sistema de abastecimento; vantagens e limitações (os resultados desta análise constam no Apêndice B).

Tendo como base a referida análise, selecionou-se o modelo a ser aplicado neste estudo, sendo escolhido modelo desenvolvido no âmbito do grupo de pesquisa “Água, Gestão e Segurança Hídrica em tempos de Mudanças Ambientais Globais”, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)⁴⁰. O modelo tem por base o conceito de vulnerabilidade, da literatura de mudanças climáticas e objetiva avaliar a vulnerabilidade da disponibilidade hídrica de sistemas de abastecimento público perante estressores climáticos e não-climáticos (FORMIGA-JOHNSSON et al., 2017).

O produto principal do modelo é a indicação do nível de segurança hídrica de determinado sistema de abastecimento público, visando dar subsídios às políticas públicas envolvidas no provimento de água bruta e tratada. Para tanto, são consideradas tanto as condições atuais de disponibilidade de água bruta do manancial de abastecimento, e os riscos a ela associados, bem como as capacidades operacionais do sistema urbano de abastecimento público de se adaptar a estas condições.

Dentre os aspectos analisados e que possibilitam a adaptação do modelo desenvolvido para aplicação na avaliação da segurança hídrica do SAA Brazlândia, destacam-se:

- i. abordagem de avaliação de risco baseada no nível de segurança da disponibilidade de água bruta a partir do monitoramento dos principais estressores da bacia

⁴⁰ O modelo desenvolvido pelo grupo da UERJ foi aplicado nos trabalhos de pesquisa relacionados abaixo:

- MELO, M. C. **Segurança hídrica para abastecimento urbano: proposta de um modelo analítico e aplicação na bacia do rio das velhas**, MG. 2016. 525 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- SILVA, P. R. **Avaliação qualitativa da segurança hídrica do abastecimento de municípios fluminenses na bacia do rio Pomba**. 2017. 157 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- BERNARDELI, M. A. F. **Bacia do córrego São João e segurança hídrica do abastecimento urbano do município de Porto Nacional-TO**. 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2017.

- hidrográfica, sendo estes: demanda por água; eventos hidrológicos extremos; poluentes ordinários; poluentes acidentais e pressão sobre as condições ambientais da bacia;
- ii. integração da avaliação de risco com análise das vulnerabilidades do sistema de abastecimento de água, em relação às infraestruturas instaladas de captação e tratamento de água;
- iii. adequação do modelo à análise setorial da segurança hídrica voltada ao abastecimento urbano;

Dessa forma, o modelo adotado realiza análise de riscos à disponibilidade da água a partir de estressores (fatores de insegurança) que provocam efeitos adversos na bacia hidrográfica do manancial, associada à análise das vulnerabilidades do sistema de abastecimento à ação destes fatores, permitindo a avaliação integrada da segurança hídrica, com foco tanto na gestão dos recursos hídricos quanto nos serviços de abastecimento.

Estes aspectos do modelo são condizentes com os problemas de continuidade no fornecimento de água do sistema de Brazlândia, levantados no Capítulo 4, especialmente em relação aos conflitos pelo uso da água que ocorrem na bacia do córrego Barroço, assim como pela vulnerabilidade associada ao sistema de captação de água sem reservação.

5.5 Descrição e adaptação do modelo de avaliação da segurança hídrica

O modelo adotado compreende duas partes, sendo:

1) avaliação do nível de segurança da disponibilidade de água bruta, em quantidade e qualidade, para o abastecimento urbano em determinado ponto de captação do manancial, envolvendo a gestão da bacia hidrográfica, utilizando-se, sobretudo, de quatro componentes-chave:

- i. estressores ou fatores de estresse das águas e da bacia hidrográfica, a montante do ponto de captação;
- ii. efeitos/impactos adversos sobre a qualidade e quantidade de água relacionados a ação dos estressores;
- iii. risco, sendo a probabilidade de ocorrência dos efeitos adversos dos estressores na qualidade e quantidade da água;
- iv. ações de resposta dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos, saneamento básico e da gestão ambiental, de maior interesse para a segurança hídrica;

2) dimensionamento da vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água potável em relação à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos, que envolvem os sistemas de captação e de tratamento, cujas tecnologias devem ser compatíveis com a disponibilidade da água bruta.

A combinação dessas duas características (i. nível de segurança da disponibilidade da água bruta; e, ii. vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água potável) determina o nível de

segurança hídrica de determinado sistema urbano de abastecimento, conforme esquematizado na **Figura 30**.

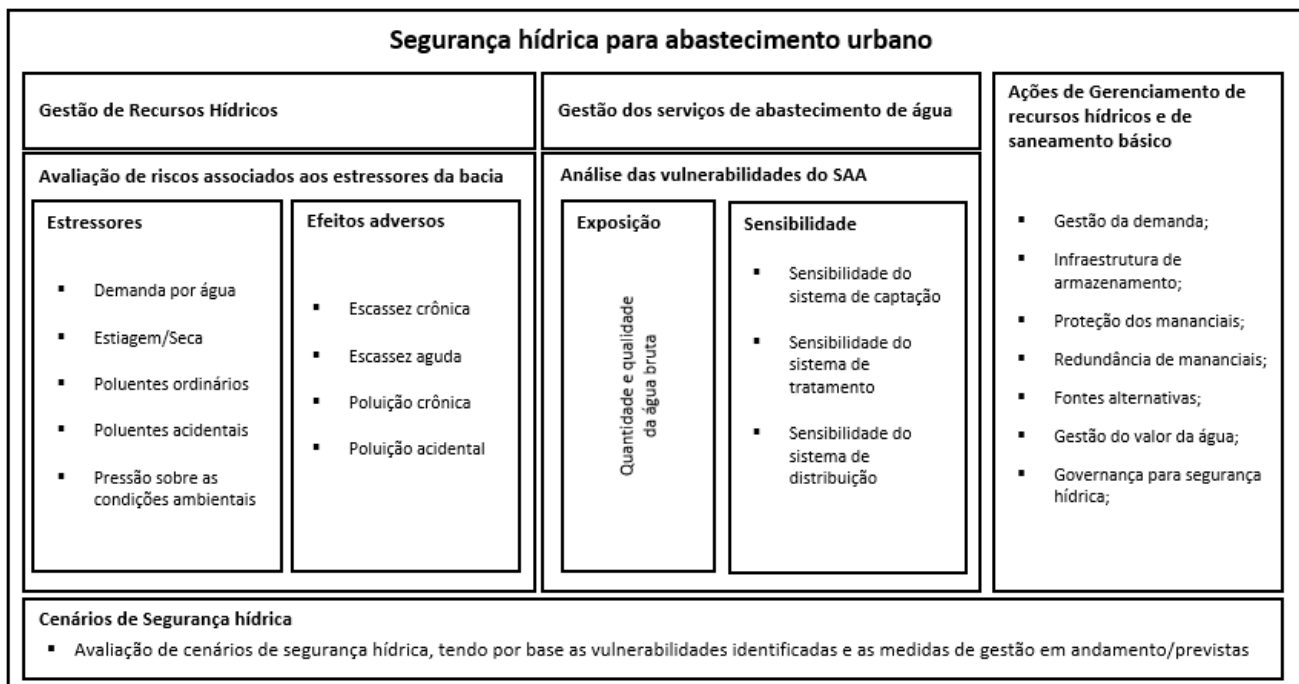


Figura 30 – Modelo analítico de segurança hídrica

Fonte: adaptado de Formiga-Johnsson et al. (2017) e Melo et. al. (2020)

As definições do conceito de segurança hídrica relacionados ao modelo constam no

Quadro 10.

Quadro 10 – Definições que compõem o conceito de segurança hídrica aplicado ao abastecimento público.

Conceito	Descrição
estressor	fator natural ou antrópico que pode induzir efeito/impacto adverso na segurança hídrica, em termos de quantidade ou de qualidade de água, podendo impactar o sistema de abastecimento público;
efeito/impacto adverso ⁴¹	é a consequência da ação de um estressor, podendo gerar danos no abastecimento de água, a depender da vulnerabilidade do sistema;
risco	probabilidade de ocorrência de efeitos/impactos (escassez aguda ou crônica, poluição ordinária ou acidental), isolados ou combinados, de estressores, naturais ou antrópicos, com prejuízos mensuráveis ao abastecimento urbano;
vulnerabilidade	suscetibilidade dos componentes de um sistema de abastecimento de água à ação de estressores que podem impactar a quantidade ou qualidade de água bruta ou tratada. É característica intrínseca do componente frente ao grau de exposição e sensibilidade à ação do estressor, inversamente, correlacionada com a resiliência do sistema;
ações de gestão	são intervenções do sistema de gerenciamento de recursos hídricos e de gestão dos serviços de saneamento básico que permitem prevenir, mitigar e controlar os efeitos/impactos dos estressores sobre a água bruta, visando garantir que os riscos permaneçam em níveis aceitáveis.

Fonte: Melo (2016)

⁴¹ Os termos efeitos ou impactos são utilizados neste estudo como sinônimos, embora: Efeito – fenômeno natural; Impacto – ação antrópica;

a) Estressores

O termo “estressor” pode ser definido como o fator natural ou antrópico indutor de efeitos/impactos adversos na segurança hídrica, em termos de quantidade ou de qualidade de água no ponto de captação, podendo pressionar ou afetar o sistema de abastecimento público (BERNARDELI, 2017; MELO, 2016; SILVA, 2017).

Foram propostos por Melo (2016) cinco estressores da água bruta que podem impactar diretamente a continuidade dos serviços de abastecimento de água, relacionados abaixo⁴²:

- i. Demanda por água: caracterizada pelos usos da água, consuntivos e não consuntivos, a montante da captação (uso urbano, uso industrial, irrigação, dessedentação de animais, hidroenergia, mineração e outros);
- ii. Eventos hidrológicos extremos: resultantes de estiagens severas/secas⁴³ ou cheias⁴⁴;
- iii. Poluentes ordinários: relacionados às condições ambientais da bacia e às fontes de degradação da qualidade das águas (esgotamento sanitário, lançamento de efluentes industriais, agrotóxicos, disposição dos resíduos sólidos etc.);
- iv. Poluentes acidentais: provenientes de fontes fixas (acidentes industriais) e móveis (acidentes em rodovias e ferrovias), a montante do ponto de captação;
- v. Pressão sobre as condições ambientais: que pode alterar a qualidade da água na bacia hidrográfica e está relacionada às características da bacia e ao uso e ocupação do solo, cobertura vegetal, entre outros;

b) Efeitos Adversos

O efeito⁴⁵ adverso é a consequência da ação do estressor, podendo gerar danos no abastecimento de água, a depender da vulnerabilidade do sistema. A exposição da bacia hidrográfica e do manancial aos estressores determina os riscos da ocorrência de efeitos adversos, quantitativos e qualitativos, que podem ocasionar danos ao abastecimento urbano. A partir dos estressores selecionados foram definidos para este estudo os seguintes efeitos adversos (MELO, 2016):

⁴² Consultar descrição detalhada dos estressores no Apêndice C.

⁴³ Seca: evento hidrológico crítico, onde a quantidade de água disponível diminui consideravelmente (ANA, 2013).

⁴⁴ O evento hidrológico extremo de cheia não será avaliado neste estudo, devido à baixa ocorrência de efeitos adversos decorrentes deste estressor no SAA Brazilândia.

⁴⁵ O termo efeito como consequência de forças naturais ou impactos devido às ações antrópicas são termos considerados como sinônimos na metodologia adotada neste trabalho. Contudo, na medida do possível, será adotado o termo efeito para as consequências de fenômenos naturais e impacto para consequências de ações antrópicas.

- i. Escassez crônica: caracterizada pela “falta ou insuficiência de água”, em quantidade, que ocorre em “tempos normais”, sem extremos climáticos (normalidade hidrológica);
- ii. Escassez aguda: estiagem severa/seca ou prolongada com diminuição da disponibilidade de água em quantidade, e às vezes também em qualidade, que pode causar escassez de água;
- iii. Poluição crônica: caracterizada pela falta ou insuficiência de água em qualidade apropriada para o consumo humano, mesmo havendo disponibilidade quantitativa de água;
- iv. Poluição acidental: causada por fontes fixas industriais ou móveis (transporte de cargas perigosas em ferrovias e rodovias) que podem causar a interrupção do sistema de captação para abastecimento público devido à baixa qualidade da água;

c) Riscos

Em relação ao abastecimento público, o conceito de risco está relacionado a probabilidade de ocorrência de efeitos/impactos isolados ou combinados (escassez aguda ou crônica, poluição ordinária ou acidental) de estressores, naturais ou antrópicos, com prejuízos mensuráveis ao abastecimento urbano e que podem ocasionar interrupções no fornecimento destes serviços para a população (MELO et al., 2017).

Riscos maiores correspondem a impactos mais severos e a maiores probabilidades de ocorrência do estressor. As propriedades dos estressores que influem diretamente na medida do risco são a severidade e a ocorrência:

- i. Severidade: avalia o efeito/impacto do estressor, de modo qualitativo e/ou quantitativo, na disponibilidade de água bruta na região de estudo;
- ii. Ocorrência: descreve a frequência ou probabilidade com que o estressor ameaça à segurança hídrica.

A rede de monitoramento da bacia hidrográfica deve ser capaz de perceber o surgimento mais ou menos severo de determinado estressor, por meio da quantificação de suas características mensuráveis. Neste caso, o estressor pode ser devidamente identificado e seus impactos avaliados e analisados de acordo com a vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água.

Os riscos associados ao estressor devem, então, ser estimados e priorizados, em cenário de gerenciamento que subsidie a tomada de decisão por parte dos gestores, no sentido de promover ações para reduzir a vulnerabilidade e restaurar a segurança hídrica.

d) Vulnerabilidades

Os sistemas de abastecimento de água são compostos pelas seguintes unidades (HÉLLER; PÁDUA, 2016):

- i. Unidade de captação⁴⁶: consiste na estrutura responsável pela extração da água do manancial, a fim de torná-la disponível para o transporte aos locais de tratamento;
- ii. Unidade de adução: destinada a transportar a água, interligando unidades de captação, tratamento, estações elevatórias, reservação e rede de distribuição;
- iii. Unidade de tratamento: corresponde a estação de tratamento de água, na qual a água bruta é submetida ao processo de tratamento, visando torná-la compatível com os padrões de potabilidade estabelecidos;
- iv. Unidade de reservação: unidade responsável pelo armazenamento da água tratada, visando compensar as variações de entre as vazões de produção e de consumo;
- v. Unidade de distribuição: composta pelas tubulações cuja função é distribuir a água tratada até as unidades de consumo (residenciais, comerciais, industriais e públicas);

Na **Figura 31** representam-se as possibilidades de conexões entre as unidades do sistema de abastecimento. As unidades de captação, tratamento, reservação e distribuição são necessárias aos sistemas, enquanto as unidades de adução e estações elevatórias podem estar ou não presentes.

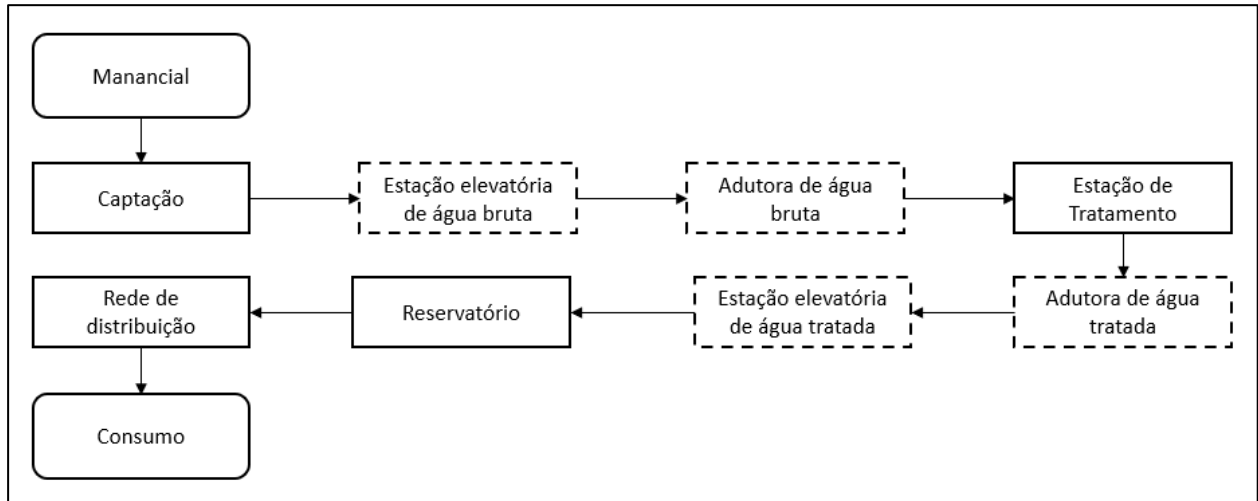


Figura 31 – Representação dos componentes do sistema de abastecimento de água

Nota: as estações elevatórias e adutoras podem ou não estar presentes a depender da necessidade de transporte da água a níveis altimétricos mais elevados.

Fonte: Héller e Pádua (2016)

A vulnerabilidade é a suscetibilidade dos componentes de um sistema de abastecimento de água à ação de estressores que podem impactar a quantidade ou qualidade de água bruta ou tratada, sendo que esta propriedade é em função das características intrínsecas dos componentes, tais como

⁴⁶ Estas unidades podem contar com reservatórios de acumulação ou não (captações a fio d'água).

a robustez em manter a integridade funcional, do grau de exposição e da sensibilidade do sistema à ação do estressor.

A vulnerabilidade de determinado sistema de abastecimento urbano pode ser analisada de forma qualitativa, tendo por base o conceito de vulnerabilidade associado às mudanças climáticas, que por sua vez, está intrinsecamente ligado a capacidade de adaptação dos sistemas (YOHE; TOL, 2002).

Nesse contexto, a vulnerabilidade do sistema de abastecimento pode ser descrita diretamente em função do grau de exposição aos estressores da bacia hidrográfica e do grau de sensibilidade desse sistema a essas mudanças, sendo:

- i. exposição: é associado diretamente ao grau de risco em que o sistema de abastecimento experimenta estresses, portanto, está relacionado à natureza, severidade e ocorrência do estressor que ameaça uma determinada unidade.
- ii. sensibilidade: é o grau em que o sistema é afetado ou como este responde aos estresses, seja de forma positiva ou negativa, dependendo da capacidade adaptativa. Assim, a sensibilidade do sistema é uma resultante de características operacionais deste, que pode ser mais ou menos sensível à variação do nível do corpo hídrico, em momentos de estiagem ou à qualidade da água do manancial de abastecimento.

Quanto maior for a vulnerabilidade, maior é o risco para a segurança hídrica do abastecimento urbano em questão e maior será a necessidade de intervenção, no sistema de abastecimento e na gestão da bacia hidrográfica.

e) **Ações de gestão**

As ações de gestão devem ser adotadas, por um lado, com o objetivo de prevenir, mitigar e controlar os riscos, devendo agir sobre os estressores da bacia hidrográfica do manancial a fim de controlar ou minimizar a exposição e a severidade ao fator de estresse que pode induzir efeito/impacto adverso na quantidade e na qualidade da água utilizada para o abastecimento urbano.

As ações devem, por outro lado, ser direcionadas à redução das vulnerabilidades do sistema de abastecimento, no sentido de tornar o sistema mais resiliente aos efeitos dos estressores e garantir, dessa forma, a continuidade do fornecimento de água ao consumidor final. As ações de maior interesse para a segurança hídrica, que podem ser adaptadas a realidade do SAA Brazilândia estão resumidas no **Quadro 11**.

Quadro 11 – Ações de gestão relacionadas à segurança hídrica

Ações de gestão	Descrição
(1) Gestão da demanda	ações de controle do uso da água e racionalização por meio de outorgas de direito de uso, fiscalização e medição de volumes captados, estímulo ao uso racional, alocação, dentre outras;
(2) Gestão da Infraestrutura de armazenamento	ações para aumento da capacidade de reservação do sistema de abastecimento ou mesmo reservatórios para utilização pelos agricultores;
(3) Proteção dos mananciais	ações que visam a proteção do manancial de abastecimento e da sua bacia contribuinte, incluindo a preservação da cobertura vegetal, das nascentes, da mata ciliar, áreas de recarga de aquíferos e controle da poluição pontual e difusa;
(4) Redundância de manancial	ações para aumento da resiliência do sistema por meio da utilização de fontes de água bruta alternativa, superficial ou subterrânea;
(5) Fontes alternativas	ações para estímulo ao reuso de águas cinzas, aproveitamento de águas pluviais e utilização de água subterrânea;
(6) Gestão do valor da água	ações que visam a cobrança pelo uso da água bruta ou da água tratada por meio de tarifas de consumo com faixas progressivas ou tarifas de contingências;
(7) Governança para segurança hídrica	estabelecimento de ações para aumento das capacidades institucionais, dos instrumentos de gestão e regulação, estímulo a atuação conjunta dos órgãos gestores em diferentes escalas.

Fonte: adaptado de Melo (2016)

f) Cenários de segurança hídrica

A avaliação de cenários deve ter por base o nível atual de segurança hídrica e as ações de gestão em andamento e/ou previstas, com o objetivo de analisar o potencial e a efetividade das ações de gestão planejadas para redução das vulnerabilidades do sistema de abastecimento aos efeitos adversos quantitativos ou qualitativos dos estressores.

Os cenários definidos para a avaliação dos efeitos adversos quantitativos devem levar em consideração, o crescimento da demanda urbana, os níveis de atendimento, o consumo *per capita*, o índice de perdas na distribuição, bem como possíveis obras de infraestrutura de ampliação do sistema e ações de gestão na bacia hidrográfica do manancial de abastecimento com impactos sobre a vazão de água disponível para abastecimento. O saldo/déficit de atendimento em cada ano, deve ser projetado pela diferença entre a demanda urbana e a disponibilidade hídrica para abastecimento.

Os cenários definidos para avaliação dos efeitos adversos qualitativos devem avaliar as medidas para redução das vulnerabilidades do sistema de tratamento à ação dos poluentes ordinários provenientes de fontes pontuais e difusas (esgotos sanitários, efluentes industriais, agrotóxicos), bem como à ação de poluentes acidentais decorrentes de fontes fixas ou móveis (efluentes industriais, minerários, acidentes com meio de transporte).

5.6 Procedimentos para aplicação do modelo de avaliação

Para a aplicação e adaptação do modelo foram adotados os seguintes recortes:

- i. avaliação da disponibilidade e qualidade da água bruta superficial, concentrando-se na gestão dos recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica;
- ii. enfoque em um único usuário de recursos hídricos, a saber, o setor de abastecimento público de água em áreas urbanas, em especial os subsistemas de captação, tratamento e distribuição.
- iii. avaliação de vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água de Brazlândia, com enfoque nos efeitos/impactos adversos: (i) Escassez crônica; (ii) Escassez aguda; (iii) Poluição crônica; (iv) Poluição acidental.
- iv. avaliação de cenários de segurança hídrica em termos quantitativos para avaliação das medidas de gestão em andamento/previstas para redução das vulnerabilidades do sistema aos efeitos adversos de escassez crônica e aguda.

5.6.1 Procedimentos de avaliação de riscos associados aos estressores

Para a avaliação de riscos foi adotado o ano base de 2019 e selecionados os cinco estressores da água bruta propostos por Melo (2016). No **Quadro 12** apresentam-se os estressores selecionados⁴⁷, suas características mensuráveis e os efeitos adversos provocados.

Quadro 12 – Estressores da água bruta, característica mensurável e efeito/impacto adverso

Código	Estressor	Característica mensurável	Efeito adverso
E1	Demanda por água	Disponibilidade hídrica atual	Escassez crônica
E2	Estiagem/Seca	Redução de vazão de estiagem	Escassez aguda
E3	Poluentes ordinários	Condição qualitativa da água necessária ao tratamento;	Poluição crônica
E4	Poluentes acidentais	Quantidade de horas de paralisação provocada no sistema de captação	Poluição acidental
E5	Pressão sobre as condições ambientais	Cobertura vegetal nativa na bacia	Poluição crônica

Fonte: adaptado de Melo (2016)

Foram atribuídos graus às propriedades dos estressores que influem diretamente na medida do risco: severidade e ocorrência. Os riscos associados a cada estressor foram obtidos de forma qualitativa por meio da avaliação das propriedades de severidade e ocorrência nos graus “baixo”, “médio” e “alto”, resultando em uma matriz de avaliação de riscos com três medidas possíveis (**Figura 32**).

⁴⁷ Ver descrição detalhada dos estressores no Apêndice C.

Matriz de risco		Severidade do impacto		
		Baixo	Médio	Alto
Ocorrência do estressor	Alto			
	Médio			
	Baixo			

Legenda:	
	Risco
	Aceitável
	Tolerável
	Inaceitável

Figura 32 – Matriz de determinação do nível de risco
 Fonte: Melo (2016)

O risco resultante foi graduado, nos níveis “aceitável”, “tolerável” e “inaceitável”, conforme recomendado pela OCDE (2013). Os riscos aceitáveis não requerem ações específicas, além daquelas necessárias ao seu monitoramento. Os riscos toleráveis exigem ações de curto prazo para reduzi-los a níveis aceitáveis, enquanto os riscos inaceitáveis exigem ações imediatas ou urgentes com o objetivo de torná-los toleráveis ou aceitáveis.

Para a avaliação das propriedades “severidade” e “ocorrência” de cada estressor foram estabelecidos parâmetros de análise (indicadores) relacionados a característica mensurável de cada estressor e atribuídos graus por meio de faixas de referência.

Os parâmetros de análise (indicadores) e as respectivas faixas de referência foram adaptados à realidade das bacias hidrográficas em estudo, a partir dos estudos do Plano Distrital de Gerenciamento de Recursos Hídricos (ADASA, 2012), do Plano de Bacia dos Afluentes do Rio Paranaíba (ADASA, 2019a), bem como de relatórios de monitoramento e normativos emitidos pela Adasa e Caesb (ADASA, 2016c, 2018c; CAESB, 2014, 2019a). Os procedimentos de adaptação, coleta e análise de dados para a avaliação dos estressores estão descritos nos tópicos seguintes.

E1 – Demanda por água

i. Coleta dos dados

As demandas para os usos agrícola, industrial, comercial, criação de animais e abastecimento humano foram obtidas a partir do banco de dados de outorga mantido e fornecido pela Adasa. A demanda para uso urbano do SAA Brazlândia foi obtida a partir dos valores captados nos mananciais do Barroco e Capão da Onça.

A série histórica dos valores captados (2013 a 2019) para abastecimento urbano do SAA Brazlândia foi obtida junto à Adasa. Os dados fluviométricos e pluviométricos dos córregos

Barrocão e Capão da Onça foram obtidos a partir das estações de monitoramento da Caesb, disponíveis no site Portal Atlas Caesb (<https://atlas.caesb.df.gov.br/portal/home/>).

O monitoramento é composto por 3 (três) estações fluviométricas e 1 (uma) estação pluviométrica, conforme **Tabela 2** (CAESB, 2019b).

Tabela 2 – Estações de monitoramento da sub-bacia do córrego Barrocão e Capão da Onça

Código	Estação	Tipo	Início Operação	Início (Qualidade Água)
60434550	Barrocão Montante Captação	Fluviométrica	ago/1997	01/01/1992
60434500	Capão da Onça - Brazlândia - DF 415	Fluviométrica	nov/1992	01/11/1992
60434000	Capão da Onça (Mont. Captação)	Fluviométrica	dez/1982	01/12/1982
1548007	ETA Brazlândia	Pluviométrica	jan/1971	-

Fonte: Caesb (2019b)

A disponibilidade hídrica da captação Barrocão foi obtida pelo somatório das vazões monitoradas nas estações Barrocão Montante Captação (60434550) e Capão da Onça – DF 415 (60434500). A disponibilidade hídrica da captação Capão da Onça é monitorada pela estação Capão da Onça Montante Captação (60434000).

Dessa forma, a disponibilidade hídrica no ponto de captação do SAA Brazlândia pode ser representada pela vazão de referência Q_{90} – vazão com permanência em 90% do tempo⁴⁸. A vazão, Q_{90} , foi obtida a partir de estudo da Adasa constante na Nota Técnica SEI-GDF n. 2/2019 - Adasa/SRH/COIH (ADASA, 2019d).

A Resolução Adasa n. 350/2006, 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 DF, disciplina em seu art. 7º, que o somatório das vazões a serem outorgadas em um mesmo curso de água possui os seguintes limites máximos (ADASA, 2006):

[...] “80 % das vazões de referência $Q_{7,10}$ (vazão mínima de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de retorno), Q_{90} (vazão com permanência por 90% do tempo) ou Q_{mmm} (vazão médias das mínimas mensais), quando não houver barramentos; 80% das vazões regularizadas, quando houver barramentos ou lagos” [...] (Resolução Adasa n. 350/2006).

No mesmo artigo, parágrafo segundo, cita que para o caso de abastecimento humano os limites poderão atingir até 90% da vazão de referência. Dessa forma, a vazão outorgável para

⁴⁸ Vazão de referência Q_{90} – vazão determinada estatisticamente, para um certo período de observação num posto fluviométrico, correspondente a uma probabilidade de que naquela seção do curso d'água as vazões observadas serão maiores ou iguais em 90% do tempo;

abastecimento urbano foi considerada como sendo o percentual de 90% da vazão de referência Q_{90} .

ii. Análise dos dados

O estressor “Demanda por água” foi avaliado por meio do Índice de comprometimento da vazão captável (I_{cvc}), podendo ser expresso pela razão entre a demanda urbana (demanda do dia de maior consumo) e a oferta de água (vazão captável), conforme Equação 1:

$$\frac{I_{cvc}}{\%} = \frac{\text{demanda}}{\text{oferta}} = \frac{Q_{\text{demanda}}}{Q_{\text{captável}}} \times 100 \quad (1)$$

onde:

I_{cvc} : índice de comprometimento da vazão captável;

Q_{demanda} : vazão do dia de maior consumo, obtida pelo produto da vazão média mensal x 1,2 (L/s)

$Q_{\text{captável}}$ ⁴⁹: corresponde a soma da vazão outorgável nos pontos de captação do Barrocão e Capão da Onça, calculada como 90% da vazão de referência Q_{90} em cada manancial (L/s).

Com base em critério de comprometimento da vazão captável pela demanda urbana estabeleceu-se a graduação da severidade do estresse hídrico provocado pelo estressor “Demanda por água”. Utilizou-se, como referência, a vazão de escassez observada na crise hídrica de 2017 (82,3 L/s), que representou cerca de 85% da vazão outorgável do mês de setembro (92,7 L/s) para o sistema Brazlândia.

Dessa forma, arbitrou-se que, para o sistema em estudo, o comprometimento limite de 85% da vazão captável, acima do qual já é possível observar um grau alto de severidade para este estressor. A partir do limite superior de I_{cvc} de 85% as demais faixas foram definidas como: baixo, $I_{cvc} \leq 50\%$; médio, $50\% < I_{cvc} \leq 85\%$; alto, $I_{cvc} > 85\%$ (ADASA, 2019a). Os intervalos de ocorrência do estressor foram arbitrados tendo por base a série histórica analisada (**Quadro 13**).

Quadro 13 – Atribuição de graus de severidade e ocorrência do estressor “Demanda por água”

Propriedade	Grau		
	Baixo	Médio	Alto
Severidade	$I_{cvc} \leq 50\%$;	$50\% < I_{cvc} \leq 85\%$;	$I_{cvc} > 85\%$
Ocorrência	todos os eventos com grau de severidade baixo nos últimos 5 anos;	um ou mais eventos com grau de severidade médio nos últimos 5 anos;	um ou mais eventos com grau de severidade alto nos últimos 5 anos;

Fonte: o autor, baseado em Adasa (2019a); Melo (2016);

⁴⁹ Vazão captável: menor valor de vazão possível de ser captada considerando a disponibilidade hídrica, as outorgas emitidas pelo Adasa e a capacidade instalada do sistema. No caso do SAA Brazlândia, o fator limitante para captação é a disponibilidade hídrica (92,7 L/s), tendo em vista que possui valores maiores de outorgas (132 L/s) e capacidade instalada de bombeamento (185 L/s).

E2 – Estiagem/Seca

i. Coleta dos dados

Os dados de precipitação na bacia foram obtidos a partir da estação pluviométrica de n. 1548007, localizada na ETA Brazlândia, enquanto os dados de vazão dos mananciais Barroco e Capão da Onça foram obtidos a partir das estações fluviométricas n. 60434550 - Barroco Montante Captação, n. 60434500- Capão da Onça - Brazlândia – DF, n. 415, 60434000 - Capão da Onça Mont. Captação (**Tabela 2**).

Para acesso aos dados foi realizada consulta direta ao site Portal Atlas Caesb, disponível em: <https://atlas.caesb.df.gov.br/portal/home/>.

ii. Análise dos dados

O Índice de variabilidade da vazão (I_{vv}) pode ser obtido pela observação do comportamento da vazão do manancial, Q_m , em relação a vazão de referência, Q_{ref} , conforme Equação 2:

$$\frac{I_{vv}}{\%} = \frac{Q_m}{Q_{ref}} \quad (2)$$

onde:

I_{vv} : Índice de variabilidade da vazão;

Q_m : vazão do manancial (L/s);

Q_{ref} : vazão de referência Q_{90} (L/s);

Quando a vazão do manancial se aproxima da vazão de referência, configura-se uma situação de criticidade hidrológica. Portanto, o grau de severidade do estressor “Estiagem/Seca” foi apurado pelo I_{vv} , sendo: baixo, $I_{vv} > 2$; médio, $1 \leq I_{vv} \leq 2$; alto: $I_{vv} < 1$ (CERH-MG, 2015).

Os intervalos de ocorrência foram arbitrados tendo por base a série histórica analisada, em especial, os últimos 5 anos, objetivando avaliar possível aumento na frequência do estressor que ocasione aumento do risco associado ao efeito adverso de escassez aguda (**Quadro 14**).

Quadro 14 – Atribuição de graus de severidade e ocorrência do estressor “Estiagem/Seca”

Propriedade	Grau		
	Baixo	Médio	Alto
Severidade	$I_{vv} > 2$;	$1 \leq I_{vv} \leq 2$;	$I_{vv} < 1$
Ocorrência	todos os eventos com grau de severidade baixo nos últimos 5 anos;	um ou mais eventos com grau de severidade médio nos últimos 5 anos;	um ou mais eventos com grau de severidade alto nos últimos 5 anos;

Fonte: adaptado de CERH-MG (2015); Melo (2016).

E3 – Poluentes ordinários

i. Coleta dos dados

Foram fornecidas pela Caesb um total de 60 amostras de qualidade da água bruta, sendo 30 relativas ao córrego Barroirão e 30 ao córrego Capão da Onça, coletas nos pontos de captação para abastecimento no período de 2015 a 2019. O monitoramento da Caesb é efetuado de forma bimestral, com a coleta de uma análise em cada manancial nos meses janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro, o que totaliza 6 amostras anuais para cada manancial.

ii. Análise dos dados

Para análise da qualidade da água bruta foi utilizado o Índice de qualidade da água (IQA), adaptado e utilizado pela Caesb no monitoramento dos mananciais de abastecimento do DF, conforme descrito no Apêndice D.

O IQA utilizado pela Caesb é composto pela combinação dos seguintes parâmetros e pesos: cor verdadeira (uH) – 0.1; turbidez (NTU) – 0.15; pH (-) – 0.05; Ferro total (mg/L) – 0.15; N-NH₃ (mg/L) – 0.15; Carbono total (mg/L) – 0.1; Cloreto (mg/L) – 0.1; Coliformes totais (NMP/100 mL) - 0.2 (CAESB, 2014). No **Quadro 15** apresentam-se as faixas de referência do IQA-Caesb e a respectiva classe de qualidade.

Quadro 15 – Faixas de referência do Índice de qualidade da água (IQA)

Faixa	Classe
$90 < \text{IQA} \leq 100$	(1) Excelente
$70 < \text{IQA} \leq 90$	(2) Bom
$50 < \text{IQA} \leq 70$	(3) Médio
$25 < \text{IQA} \leq 50$	(4) Ruim
$0 \leq \text{IQA} \leq 25$	(5) Péssimo

Fonte: Caesb (2014); Igam (2018).

A primeira etapa consistiu na análise exploratória dos resultados dos parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA, bem como a frequência de não conformidade com o enquadramento dos córregos Barroirão (classe 2) e Capão da Onça (classe 1) em relação aos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 357/2005 (CONAMA, 2005).

Na segunda etapa, a análise estatística por componentes principais (ACP) foi aplicada à matriz dos resultados das análises de qualidade da água dos córregos Barroirão e Capão da Onça, com o objetivo de avaliar os parâmetros mais significativos para a variabilidade dos resultados (ALVES et al., 2017; MONTEIRO et al., 2019; MUNIZ et al., 2019).

Na terceira etapa, foi realizada a análise de tendência temporal dos resultados dos parâmetros de qualidade da água dos córregos Barroco e Capão da Onça, utilizando-se metodologia proposta por Trindade *et al.*, (2017) que avaliou tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, MG.

Foram utilizados os testes de Kruskal-Wallis⁵⁰ para verificação da sazonalidade dos dados e o teste de Mann-Kendall⁵¹ para verificação de tendências. Para análise da sazonalidade, os dados de cada parâmetro foram agrupados entre período chuvoso (outubro a abril) e período seco (maio a setembro) (TRINDADE *et al.*, 2017).

Para as séries que apresentaram diferenças significativas entre as estações ($p < 0,05$ no teste de Kruskal-Wallis) foi levada em conta a influência da sazonalidade nos dados. Neste caso, foi aplicado o Teste de Mann-Kendall sazonal, sendo nas demais séries com $p > 0,05$ no teste de Kruskal-Wallis e, portanto, sem sazonalidade foi aplicado o Teste de Mann-Kendall não sazonal (TRINDADE *et al.*, 2017) (**Figura 2**).

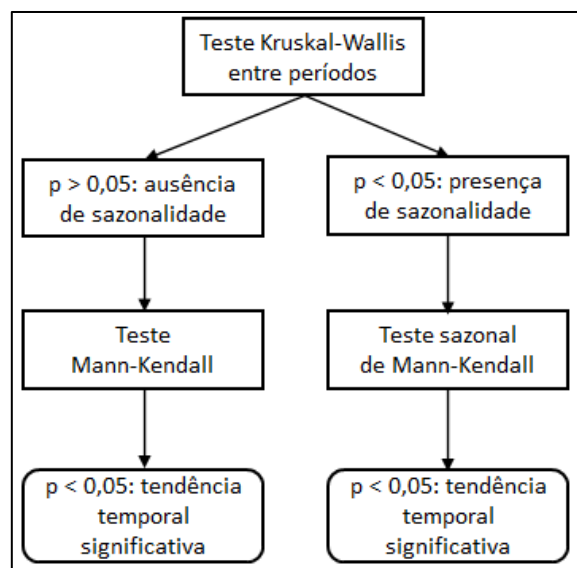


Figura 2 - Fluxograma da metodologia utilizada para análise de tendência temporal
Fonte: Trindade *et al.* (2017)

⁵⁰ O teste de Kruskal-Wallis é um teste não paramétrico de comparações múltiplas que indica a influência da sazonalidade nos períodos chuvoso e seco durante os anos das séries (TRINDADE *et al.*, 2017).

⁵¹ O teste de Mann-Kendall pode ser definido, em linhas gerais, como um teste para definir se os valores de Y tendem a diminuir ou aumentar. Para realizar o teste, a estatística S de Kendall é computada pela comparação de todos os pares Y e T (parâmetro e tempo). Tau (τ) mede a força de uma relação monotônica de Y em T. É um procedimento baseado em ranqueamento. Os valores são avaliados como uma série temporal ordenada, e cada valor é comparado com todos os dados subsequentes. Se o dado de um período posterior é maior que o valor de um período anterior, a estatística S é incrementada em 1. Ao contrário, se o dado de um período posterior for menor que o valor amostrado anteriormente, S é reduzido em 1. A soma de todos os incrementos e reduções leva ao valor final de S. A hipótese nula de não tendência é rejeitada quando S (e, por consequência, τ de Kendall de Y versus T) é significativamente diferente de zero. Conclui-se, então, que existe tendência monotônica de Y sobre T (TRINDADE *et al.*, 2017).

Por fim, foi realizado o cálculo do IQA para cada amostra por meio do produtório ponderado dos resultados das análises dos parâmetros citados acima, segundo a Equação 3:

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (3)$$

onde:

IQA: Índice de qualidade da água;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, obtido em função do resultado da análise;

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade;

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

O grau de severidade do estressor “poluentes ordinários” sobre a qualidade da água bruta para abastecimento foi avaliado pelas classes do IQA, agrupadas da seguinte forma: baixo, IQA na faixa “Excelente”; médio, IQA na faixa “bom” ou “médio”; alto, IQA nas faixas “ruim” ou “péssimo” (CAESB, 2014; MELO, 2016).

Os intervalos de ocorrência foram arbitrados tendo por base a série histórica analisada, em especial, os últimos 5 anos, objetivando avaliar possível aumento na frequência do estressor que ocasione aumento do risco associado ao efeito adverso de poluição crônica e impacto ao tratamento convencional⁵² da água.

Quadro 16 – Atribuição de graus de severidade e ocorrência do estressor “Poluentes ordinários”

Propriedade	Grau		
	Baixo	Médio	Alto
Severidade	IQA na faixa “excelente”;	IQA nas faixas “bom” ou “médio”;	IQA nas faixas “ruim” ou “péssimo”.
Ocorrência	todas as amostras com grau de severidade baixo nos últimos 5 anos;	uma ou mais amostras com grau de severidade médio nos últimos 5 anos;	uma ou mais amostras com grau de severidade alto nos últimos 5 anos;

Fonte: o autor, baseado em Caesb (2014); Melo (2016); Igam (2018).

E4 – Poluentes acidentais

i. Coleta dos dados

Os dados de outorga foram obtidos a partir do banco de dados de outorga mantido e fornecido pela Adasa. As informações de vias rodoviárias foram levantadas por meio de arquivos

⁵² Quando o IQA apresenta valores entre 50 e 100 a água bruta está apropriada ao tratamento convencional, visando o abastecimento público por meio das etapas de coagulação, floculação, decantação filtração e desinfecção. As faixas de IQA menores ou iguais a 50 exigem tratamentos avançados da água, tais como ultrafiltração (CAESB, 2014; IGAM, 2018).

de dados espaciais (shape files) consultados no geoportal da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH) por meio do link: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/>.

ii. Análise dos dados

A análise do estressor “Poluentes acidentais” foi realizada por meio da identificação de possíveis contaminações dos mananciais do Barroão e Capão da Onça decorrentes de lançamentos por fontes fixas (efluentes industriais ou minerários) ou móveis (acidentes com meios de transporte). A poluição por fontes fixas foi analisada a partir dos dados de outorga, identificando-se usos industriais ou minerários, enquanto a poluição por fontes móveis foi feita pela identificação da proximidade dos mananciais aos trechos rodoviários.

Para estabelecimento do grau de severidade do estressor “poluentes acidentais” foi utilizado como referência a metodologia do Plano de Contingência para Abastecimento de Água da ETA Guandu. A severidade provocada pelo acidente ambiental foi avaliada de forma indireta a partir da quantidade de horas de paralisação provocada no sistema de captação, da seguinte forma: baixo: interrupção de até 24h no abastecimento de água; médio: interrupção entre 24h e 72h no abastecimento de água; alto: interrupção acima de 72h no abastecimento de água (CBH GUANDU, 2015).

Em relação à ocorrência de acidentes ambientais, considerou-se a frequência de ocorrência e a severidade de cada evento. Porém, não foram definidos intervalos de frequência de acidentes com base em série histórica, tendo em vista que não foi relatado⁵³ pela Caesb nenhuma ocorrência de acidente com prejuízo ao abastecimento desde o início de operação da ETA Brazlândia em 1997 (Apêndice E). Dessa forma, foram arbitrados intervalos que podem ser ajustados, conforme aplicações anuais da metodologia em estudo (**Quadro 17**).

Quadro 17 – Atribuição de graus de severidade e ocorrência do estressor “Poluentes acidentais”

Propriedade	Grau		
	Baixo	Médio	Alto
Severidade	interrupção de até 24h no abastecimento de água	interrupção entre 24h e 72h no abastecimento de água	interrupção acima de 72h no abastecimento de água
Ocorrência	nenhuma ocorrência ou ocorrência de acidentes com severidade baixa nos últimos 5 anos	uma ou mais ocorrência de acidentes com severidade média nos últimos 5 anos	uma ou mais ocorrência de acidentes com severidade alta nos últimos 5 anos

Fonte: o autor, baseado em CBH Guandu (2015)

⁵³ Foi aplicado questionário para coleta de informações junto à prestadora (Caesb), disponível no Apêndice E.

E5 – Pressão sobre as condições ambientais

iii. Coleta dos dados

Os dados de uso e ocupação do solo de 2017 foram obtidos a partir do estudo denominado “Pré-processamento digital de imagens e mapeamento do uso do solo na bacia do alto descoberto – DF/GO” elaborado pela empresa The Nature Conservancy (TNC, 2019).

Os dados de uso e ocupação do ano de 2009 foram obtidos no geoportal da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH) por meio do link: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/>.

Os dados de uso e ocupação do solo da APA Descoberto foram obtidos no catálogo de mapas da Codeplan no período de 2009 a 2017, disponível em <http://catalogo.codeplan.df.gov.br/>.

As informações do zoneamento da APA Descoberto foram obtidas por meio do Plano de Manejo dessa APA (ICMBIO, 2014), enquanto as informações de zoneamento da Área 4 da Flona de Brasília foram obtidas a partir do Plano de Manejo da Flona (ICMBIO, 2016).

O mapeamento das áreas de preservação permanente foi obtido por meio da base de dados do ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico do DF, disponível em: <https://arcgis.sema.-df.gov.br/portal/>.

iv. Análise dos dados

Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos em formato shape files, sendo analisados utilizando-se o software ArcGIS. Foi realizado recorte dos polígonos com as classes de uso e ocupação do solo, tendo como referência a delimitação da área estudo. Após isso, foi feita a validação das informações utilizando-se imagens de satélite corrigidas geograficamente (ortofotos) disponibilizadas no Geoserviço da Codeplan no link: <http://ortofoto.mapa.codeplan.df.gov.br/demo/tms>.

As áreas de cada classe de uso do solo foram, então, somadas e verificadas as suas respectivas porcentagens em relação à área total da bacia. As classes de uso consideradas, bem como detalhamento da análise realizada está disponível no Apêndice D.

As informações sobre o uso e ocupação da APA Descoberto e Flona de Brasília (Área 4) foram obtidos em formatos shape files e convertidos em formato de planilha eletrônica no Excel por meio da tabela de atributos. As informações do zoneamento destas áreas foram sobrepostas com as informações do atual uso e ocupação do solo das bacias para identificação das áreas com

uso antrópico que necessitam de recuperação, bem como de áreas atualmente formadas por vegetação nativa que são passíveis de conversão para uso antrópico.

Da mesma forma, foi realizada a sobreposição das áreas de preservação permanente (APP) com o uso e ocupação do solo atual, identificando-se a composição percentual das APPs de nascente e fluviais em relação aos domínios de ocupação do solo.

Por fim, o grau de severidade do estressor “pressão sobre as condições ambientais” foi avaliado por meio do percentual da área da bacia com cobertura vegetal natural. Este percentual foi calculado pela subtração da área total das bacias em estudo e da área sem cobertura vegetal natural (vegetação nativa/remanescente).

Conforme detalhado no Apêndice C, o grau de severidade para este estressor foi avaliado por meio das seguintes faixas: **baixo** – quando a área do território com vegetação nativa é maior ou igual a 55,7% ($CVN \geq 55,7\%$), de acordo com o estabelecido no Plano de Manejo da APA Descoberto (ICMBIO, 2014); **médio** - área do território com vegetal nativa maior ou igual 28,8 % e menor que 55,7% ($28,8\% \leq CVN < 55,7\%$), considerando esta faixa como intermediária entre o limite inferior e superior; **alto** - quando a área do território com vegetação nativa é menor que 28,8% ($CVN < 28,8\%$), considerando-se como o mínimo de cobertura natural o somatório das áreas de preservação permanente e reserva legal para a área em estudo (IBRAM, 2014; MELO, 2016).

A propriedade “ocorrência” do estressor foi avaliada tendo por base a taxa média de conversão da cobertura vegetal natural observada para o DF no período de 2009 – 2017 e graduada conforme faixas abaixo: **baixo**: taxa média de perda da cobertura vegetal natural igual a zero ($TMCVN = 0$); **médio**: taxa média de perda da cobertura vegetal natural menor ou igual 0,04 p.p ao ano ($TMCVN \leq 0,04$ p.p/ano); **alto**: taxa média de perda da cobertura vegetal natural maior que 0,04 ao ano ($TMCVN > 0,04$ p.p/ano) (CODEPLAN, 2019; NEVES et al., 2017).

Quadro 18 – Atribuição de graus de severidade e ocorrência do estressor “Pressão sobre as condições ambientais”

Propriedade	Grau		
	Baixo	Médio	Alto
Severidade	$CVN \geq 55,7\%$	$28,8\% \leq CVN < 55,7\%$	$CVN < 28,8\%$
Ocorrência	$TMCVN = 0$	$TMCVN \leq 0,04$ p.p/ano	$TMCVN > 0,04$ p.p/ano

Fonte: o autor, baseado em Codeplan (2019); Ibram (2014); Melo (2016); Neves et. al (2016)

Legenda: CVN: cobertura vegetal natural; TMCVN: taxa média de conversão da cobertura vegetal natural.

5.6.2 Procedimentos de análise das vulnerabilidades

a) Análise das vulnerabilidades

As vulnerabilidades do SAA Brazlândia foram avaliadas de forma qualitativa por meio de matriz que relaciona as propriedades de exposição e sensibilidade nos graus “baixo”, “médio” e “alto”. O cruzamento destas propriedades resulta em uma matriz de avaliação da vulnerabilidade com nove medidas possíveis, variando de “baixa à alta”, conforme **Figura 33**.

Matriz de vulnerabilidade		Exposição		
		Baixo	Médio	Alto
Sensibilidade	Alto			
	Médio			
	Baixo			

Legenda:	
Vulnerabilidade	
	Baixa
	Média
	Alta

Figura 33 – Matriz de determinação da vulnerabilidade

Fonte: Melo (2016)

A matriz foi aplicada de acordo com a vulnerabilidade dos subsistemas de captação, tratamento e distribuição do SAA Brazlândia aos efeitos/impactos adversos provocados pela ação dos estressores, conforme **Quadro 19**.

Quadro 19 – Unidades do sistema e vulnerabilidade aos efeitos adversos dos estressores avaliados

Unidade do sistema	Efeitos adversos	Tipo do efeito preponderante
Unidade de Captação	Escassez crônica	Quantitativo
	Escassez aguda	Quantitativo
Unidade de Tratamento	Poluição crônica	Qualitativo
	Poluição acidental	Qualitativo
Unidade de Distribuição	Escassez crônica	Quantitativo
	Escassez aguda	Quantitativo

Fonte: Melo (2016)

Quanto mais alta a vulnerabilidade de cada unidade aos efeitos adversos dos estressores, menor é a capacidade de adaptação do SAA Brazlândia frente às situações analisadas e maior é a probabilidade de ocorrência de interrupções no fornecimento de água.

b) Propriedade: Exposição

A propriedade “exposição” do SAA Brazlândia aos efeitos adversos dos estressores da água bruta foi avaliada em graus (baixo, médio e alto) como uma função direta dos riscos associados à ocorrência destes estressores e graduada conforme **Quadro 20**.

Quadro 20 – Critérios de atribuição de graus à propriedade exposição

Grau	Propriedade: Exposição
Baixo	se o risco é "Aceitável"
Médio	se o risco é "Tolerável"
Alto	se o risco é "Inaceitável"

Fonte: Melo (2016)

c) **Propriedade: Sensibilidade**

A análise da sensibilidade foi efetuada de forma indireta por meio da definição de características mensuráveis desta propriedade e de parâmetros de análise para cada unidade do SAA Brazlândia, conforme **Quadro 21**.

Quadro 21 – Unidades do SAA Brazlândia e característica mensuráveis de sensibilidade

Unidade do Sistema	Característica mensurável	Parâmetro de análise
Unidade de Captação	Tipo de captação	Com reservação ou sem reservação
	Vazão mínima operacional	Relação entre a vazão do manancial e a vazão mínima operacional
	Interrupções por falta de água	Duração das interrupções por falta de água
Unidade de Tratamento	Tecnologia de tratamento	Adequação da tecnologia de tratamento da água
	Qualidade da água tratada	Índice de análises fora do padrão da água tratada
Unidade de Distribuição	Unidades de consumo	Evolução das unidades de consumo
	Consumo per capita	Índice de consumo per capita
	Perdas de água	Índice de perdas na distribuição

Fonte: o autor, baseado em Adasa (2016c)

Para seleção dos parâmetros quantificáveis foi utilizada como referência a Resolução Adasa n. 08/2016, que estabeleceu a metodologia de avaliação de desempenho dos serviços de água e esgoto do DF (ADASA, 2016c).

A utilização de indicadores e de faixas de referência de avaliação estabelecidos pela Adasa possibilita a adaptação da análise de vulnerabilidade à realidade do DF, uma vez que a referida metodologia se aplica aos sistemas de abastecimento desta unidade da federação.

U1 - Unidade de captação

A vulnerabilidade do subsistema de captação foi avaliada por meio das seguintes características mensuráveis: (i) tipo de captação, e (ii) vazão mínima operacional, (iii) interrupções por falta de água.

i. Coleta dos dados

Quanto ao tipo de captação, conforme já descrito, é sem reservatório. Os dados de vazão do manancial foram obtidos por meio do site Portal Atlas Caesb, disponível em:

<https://atlas.caesb.df.gov.br/portal/home/>. Os dados de interrupções do sistema por falta de água foram coletados junto à Adasa.

ii. Análise dos dados

Quanto ao tipo de captação, optou-se pela análise binária (0,1), sem reservatório (0); com reservatório (1). Um sistema com zero reservação indica alta necessidade de monitoramento do histórico de interrupções do sistema por falta de água.

Para análise da vazão mínima operacional, os dados de vazão do manancial foram comparados com os valores mínimos para funcionamento das captações, conforme monitoramento realizado pela Adasa, sendo 70 L/s para a captação Barrocão e 25 L/s para a captação Capão da Onça. Foram utilizadas as seguintes faixas de referência para avaliação da relação entre a vazão do manancial (Q_m) e o Limite Operacional (LO):

- Barrocão: bom: $Q_m/LO > 2$; mediano: $1,2 \leq Q_m/LO \leq 2$; ruim: $Q_m/LO < 1,2$;
- Capão da Onça: bom: $Q_m/LO > 2$; mediano: $1,6 \leq Q_m/LO \leq 2$; ruim: $Q_m/LO < 1,6$.

Os intervalos tiveram como referência a demanda do dia de maior consumo de 123,7 L/s⁵⁴, projetada para 2020, os limites operacionais do Barrocão (70 L/s) e do Capão da Onça (25 L/s), assim como as vazões de referência, Q_{90} , em setembro (Barrocão = 70 L/s e Capão da onça: 33 L/s). Dessa forma, para atendimento da demanda em 2020, a relação mínima de Q_m/LO do Barrocão foi estimada em 1,2 ($1,2 \times 70 = 84$ L/s) e do Capão da Onça de 1,6 ($1,6 \times 25 = 40$ L/s), totalizando 124 L/s.

A análise dos dados de interrupções foi realizada por meio da série história mensal de intercorrências e da aplicação do indicador “Índice de continuidade do serviço de água (I_{csa})”, definido como (ADASA, 2016c):

$$\frac{I_{csa}}{\%} = \frac{\sum \text{Duração da paralisação} \times \text{pop. atendida}}{\text{Período total} \times \text{pop. atendida}} \quad (4)$$

onde:

I_{csa} : Índice de continuidade do serviço de água (%);

Duração da paralisação: quantidade de horas de paralisação (horas);

Pop. Atingida: população atingida pela paralisação (n.);

Período total: período total de funcionamento do sistema (horas);

Pop. Atendida: população atendida pelo sistema;

Faixas de referência: Excelente [99,9;100]; Bom: [99; 99,9]; Mediano: [95; 99]; Ruim: [0; 95].

⁵⁴ Foi utilizado como referência o cenário tendencial detalhado no item 6.4 deste estudo, que considerou: consumo *per capita* de 117 L.hab.dia, perdas na distribuição de 36,6% e população atendida estimada de 48.266 habitantes em 2020.

U2 - Unidade de tratamento

A vulnerabilidade do subsistema de tratamento foi avaliada por meio das seguintes características mensuráveis: (i) tecnologia de tratamento e (ii) qualidade da água tratada.

i. Coleta dos dados

Os dados de qualidade da água bruta dos córregos Barroirão e Capão da Onça do período entre 2014 a 2019 foram fornecidos pela Caesb, enquanto os dados de qualidade da água tratada no mesmo período foram coletados junto à Adasa.

ii. Análise dos dados

Para análise da adequação da tecnologia de tratamento da água foi utilizado o IQA-Caesb resultante da avaliação do estressor “Poluentes ordinários”, descrito no item 5.6.1, E3. No **Quadro 22** apresentam-se as faixas de referência do IQA-Caesb e sua adequação quanto ao tratamento convencional da ETA Brazlândia⁵⁵.

Quando o IQA apresenta valores entre 50 e 100 a água bruta está apropriada ao tratamento convencional, visando o abastecimento público por meio das etapas de coagulação, floculação, decantação filtração e desinfecção. As faixas de IQA menores ou iguais a 50 exigem tratamentos avançados da água, tais como ultrafiltração (CAESB, 2014; IGAM, 2018).

Quadro 22 – Faixas de referência do IQA-Caesb e adequação a tecnologia de tratamento

Faixa	Classe	Adequação ao tratamento
90 < IQA ≤ 100	(1) Excelente	Apropriada para tratamento convencional visando abastecimento público
70 < IQA ≤ 90	(2) Bom	
50 < IQA ≤ 70	(3) Médio	
25 < IQA ≤ 50	(4) Ruim	Inapropriada para tratamento convencional
0 ≤ IQA ≤ 25	(5) Péssimo	

Fonte: Caesb (2014) e Igam (2018).

Para análise da qualidade da água tratada foi utilizado o “Índice de análises fora do padrão da água tratada - I_{qat} ”, o qual corresponde a razão entre a quantidade de análises fora dos padrões estabelecidos e a quantidade total de análises realizadas, conforme Equação 4 (ADASA, 2016c):

$$\frac{I_{qat}}{\%} = \frac{NAF}{NTA} \quad (5)$$

onde:

I_{qat} : Índice de análises fora do padrão da água tratada (%)

NAF: Número de análises fora do padrão estabelecido (n.)

NTA: Número total de análises (n.)

Faixas de referência: Excelente [0; 1]; Bom:]1; 5]; Mediano:]5; 15]; Ruim:]15; 100].

⁵⁵ A descrição do indicador IQA e da tecnologia de tratamento convencional constam no Apêndice C.

O I_{qat} é utilizado pela Adasa para monitoramento da qualidade da água tratada do DF, sendo composto por 5 (cinco) parâmetros: cor aparente - Cor (uH), turbidez - TBZ (uT), cloro Residual Livre - CRL (mg/L), coliformes totais - Coli Total (P-A/100 mL) e Escherichia coli - E. Coli (P-A/100 mL) (ADASA, 2018a; BRASIL, 2017).

Os citados parâmetros são aqueles mais frequentes para monitoramento da qualidade da água definidos pela Portaria de Consolidação n. 05 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade da qualidade da água tratada, conforme valores constantes na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Valores máximos permitidos (VMP) para os parâmetros selecionados

Parâmetros	VMP na rede de distribuição	Unidade
Coliformes totais (Coli Total)	Ausência em 100 mL	P-A/100 mL
Escherichia coli (E. Coli)	Ausência em 100 mL	P-A/100 mL
Cloro Residual Livre (CRL)	Entre 0,2 e 5,0 mg/L	mg/L
Cor Aparente (Cor)	Menor ou igual a 15 uH	uH
Turbidez (TBZ)	Menor ou igual 5 UNT	UNT

Fonte: Brasil (2017)

A descrição de cada parâmetro e a importância no monitoramento da qualidade da água tratada constam no Apêndice C.

U3 - Unidade de distribuição

i. Coleta dos dados

Os dados de vazões captadas, vazões consumidas, unidades de consumo e consumo per capita no período de 2013 a 2019 foram obtidos junto a Adasa.

ii. Análise dos dados

A análise da série histórica dos dados de consumo foi feita por meio da comparação dos valores dos índices de consumo *per capita* do SAA Brazlândia, do Distrito Federal e o recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

O Índice de consumo *per capita* é definido como o volume de água consumido dividido pela população atendida com abastecimento de água, conforme Equação 5 (SNIS, 2018):

$$\frac{I_{\text{cpc}}}{L/\text{hab.dia}} = \frac{V_{\text{ac}}}{P_{\text{ta}}} \quad (6)$$

onde:

I_{cpc} : Índice de consumo *per capita* (L/hab.dia)

V_{con} : Volume de água consumido (L)

P_{ta} : População total atendida com abastecimento

Faixas de referência: consumo racional < 110 L/hab.dia (OMS)

As vazões perdidas na distribuição foram obtidas pela diferença entre as vazões captadas e consumidas. Para análise das vazões perdidas foi estimado o “Índice de perdas na distribuição (I_{pd})”, conforme Equação 6 (ADASA, 2016c):

$$\frac{I_{pd}}{\%} = \frac{V_{cap} - V_{con}}{V_{cap}} \quad (7)$$

onde:

I_{pd} : Índice de perdas na distribuição (L/hab.dia);

V_{cap} : Volume de água captado (L);

V_{con} : Volume de água consumido (L);

Faixas de referência: Excelente [0; 23,3]; Bom:]23,3; 24,3]; Mediano:]24,3; 28]; Ruim:]28; 100].

5.6.3 Procedimentos para levantamento das ações de gestão de segurança hídrica

As ações de gestão que objetivam a diminuição da vulnerabilidade do SAA Brazlândia, implementadas pelo órgão gestor de recursos hídricos (Adasa), prestador dos serviços de saneamento básico (Caesb) e demais entidades diretamente envolvidas (Seagri, Emater), foram levantadas por meio de consultas ao Plano Distrital de Saneamento Básico (DISTRITO FEDERAL, 2017b), Plano de Bacia Hidrográficas dos Afluentes Distritais do Rio Paranaíba (ADASA, 2019a), bem como por consulta a relatórios e notas técnicas emitidos por essas entidades (ADASA, 2018e, 2019e; CAESB, 2017c, 2019c, 2020).

As ações de gestão foram agrupadas, conforme proposto pelo modelo conceitual adotado neste estudo, nas seguintes categorias (i) Gestão da demanda; (ii) Infraestrutura de armazenamento; (iii) Proteção dos mananciais; (iv) Redundância de manancial; (v) Fontes alternativas (reuso/captação de águas pluviais); (vi) Gestão do valor da água; (vii) Governança para segurança hídrica.

5.6.4 Procedimentos de avaliação de cenários de segurança hídrica

Os cenários de segurança hídrica foram definidos a partir dos seguintes questionamentos:

- Qual o cenário de segurança hídrica de abastecimento caso medidas de gestão não fossem implementadas ou efetivas?
- Qual o impacto de medidas de gestão que visem a redução do consumo urbano e das perdas na distribuição na segurança hídrica do SAA Brazlândia?
- Qual o cenário de segurança hídrica com a ampliação da infraestrutura de abastecimento (nova captação) em implementação pela concessionária?
- Qual o impacto da associação das medidas de redução do consumo urbano, perdas na distribuição e ampliação da infraestrutura de abastecimento (nova captação) na segurança hídrica do SAA Brazlândia?

i. Premissas comuns aos cenários

Os cenários foram analisados tendo como referência o horizonte temporal de 18 anos, entre 2020 a 2037, tendo em vista a disponibilidade de dados de população estimada para este período, sendo este também o horizonte do planejamento do Plano Distrital de Saneamento Básico (PDSB). Foram consideradas as seguintes premissas para os quatro cenários em análise:

- População urbana total obtida do Plano Distrital de Saneamento Básico (PDSB), sendo de 51.347 habitantes no ano inicial de 2020 e de 59.347 no ano final de 2037.
- Percentual de atendimento urbano obtido da Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios com a seguinte evolução em direção à universalização do acesso:
 - 94% entre 2020 e 2022;
 - 95% entre 2023 e 2025;
 - 96% entre 2026 e 2028;
 - 97% entre 2029 e 2031;
 - 98% entre 2032 e 2034;
 - 99% entre 2035 e 2036;
 - 99,5% em 2037;

A projeção da demanda de água urbana do SAA Brazlândia em cada cenário foi obtida conforme consta no Manual de Outorga de Direito de Uso da Agência Nacional de Águas, sendo calculada pela Equação 7 (ANA, 2014):

$$Q_f = \left(\frac{P_f \times q}{86.400} \right) \times \frac{24}{T_d \times (1 - K_p)} \quad (7)$$

onde:

Q_f = vazão futura em L/s;

P_f = população futura (habitantes);

q = consumo médio per capita em L/hab.dia;

k_p = índice de perdas na distribuição a ser considerado para o horizonte de análise;

T_d = período de captação em horas por dia.

A vazão máxima de captação futura foi estimada como 20% sobre a vazão média de captação urbana, como o objetivo de obter a vazão do dia de maior consumo, tendo em vista que deve haver disponibilidade hídrica para atender não somente a vazão média projetada, mas também o dia em que ocorrer o maior consumo do sistema (Equação 8):

$$Q_{f-máx} = Q_f \times 1,2 \quad (8)$$

onde:

$Q_{f-máx}$ = vazão máxima de captação futura em L/s;

O saldo/déficit de atendimento foi calculado pela diferença entre Qf-máx e a vazão captável⁵⁶ para abastecimento.

A disponibilidade hídrica do SAA Brazlândia foi considerada como a soma das vazões de referência Q₉₀ dos córregos Barroirão e Capão da Onça e obtidas as vazões captáveis conforme limite de 90% da vazão Q₉₀, estabelecido pela Resolução Adasa n. 350/2006 (**Tabela 4**). Foram, ainda, adaptadas duas situações de disponibilidade hídrica, conforme recomendado no Manual de Operação da Sala de Situação da ANA, sendo:

- **Normalidade:** situação na qual a vazão de referência, Q₉₀, é verificada no período de estiagem, em especial no mês de setembro, por ser este o mês mais crítico;
- **Escassez:**⁵⁷: situação crítica na qual observam-se vazões inferiores a vazão de referência, Q₉₀, durante o período de estiagem. Para esta situação de disponibilidade hídrica, foram utilizadas as vazões observadas no mês de setembro de 2017, período mais crítico da série (ANA, 2013).

Tabela 4 – Vazões de referência e vazões captáveis do SAA Brazlândia em setembro.

Captação	Q ₉₀ normalidade	Qcaptável - normalidade	Qmédia 2017 - escassez	Qcaptável 2017 - escassez
Capão da Onça	33,0	29,7	27,9	25,1
Barroirão	70,0	63,0	63,6	57,2
Olaria - Etapa 1	44,4	40,0	*	35,6
Descoberto - Etapa 2	165,0	165,0	*	146,9
Poços subterrâneos	7,1	7,1	7,1	7,1

Legenda: Q₉₀ normalidade: vazão de referência Q₉₀ em situação de normalidade hidrológica; Qcaptável – normalidade: vazão captável em situação de normalidade hidrológica, correspondente a 90% da Q₉₀ normalidade; Qmédia 2017 – escassez: vazões médias observadas em 2017; Qcaptável 2017 – escassez: vazões captáveis no ano de 2017, correspondente a 90% das Qmédia 2017 – escassez.

Nota: *as vazões de escassez dos córregos olaria (35,6 L/s) e a vazão a ser transferida do reservatório do descoberto para o sistema Brazlândia em situação de escassez (146,9) foi estimada pela redução de 11% nas vazões captáveis em situação de normalidade hidrológica, tendo sido esta a redução observada nas captações do barroirão e capão da onça. Fonte: Caesb (2020).

O aumento da disponibilidade foi simulado a partir das informações constantes no cronograma de implantação das obras de ampliação do SAA Brazlândia, a serem executadas em duas etapas (CAESB, 2020):

- **Etapa 1:** nova captação no córrego Olaria com aumento de 40 L/s a ser executada no período de 2020 a 2022, estando disponível para utilização no ano de 2023;

⁵⁶ Vazão captável: menor valor de vazão possível de ser captada considerando a disponibilidade hídrica, as outorgas emitidas pelo Adasa e a capacidade instalada do sistema. No caso do SAA Brazlândia, o fator limitante para captação é a disponibilidade hídrica (92,7 L/s), tendo em vista que possui valores maiores de outorgas (132 L/s) e capacidade instalada de bombeamento (185 L/s).

⁵⁷ Escassez hídrica: situação de baixa disponibilidade de água. Diferencia-se basicamente do termo seca pela abrangência espacial, enquanto este deve ser usado preferencialmente quando se trata de grandes áreas ou mesmo uma bacia hidrográfica em sua totalidade, o termo escassez permite uma abordagem local do problema, mais adequada, portanto, à análise de trechos de rios e reservatórios (ANA, 2013; CERH-MG, 2015)

- Etapa 2: execução da obra de interligação do sistema Descoberto ao sistema Brazlândia no valor de 165 L/s, a ser executada no período de 2023 a 2025, estando disponível para utilização no ano de 2026. Nesta etapa, está prevista a desativação das captações do Barroco e Capão da Onça.

ii. Cenário C1 – Tendencial

O cenário de tendência foi considerado como aquele que ocorrerá caso nenhuma medida de gestão seja aplicada ou efetiva. Foram consideradas as seguintes premissas:

- Consumo per capita de 117 L/hab.dia, referente ao consumo de 2019;
- Índice de perdas na distribuição de 33,6% correspondente ao valor de 2019;
- Vazão captável para abastecimento:
 - Normalidade hidrológica: 99,8 L/s, correspondente a 90% da vazão de referência Q_{90} do mês de setembro dos córregos Barroco (63 L/s) e Capão da Onça (29,7 L/s), somada a vazão outorgada subterrânea de 7,1 L/s;
 - Escassez hídrica: 89,4 L/s, correspondente a 90% das vazões médias observadas em set/2017 nos córregos Barroco (57,2 L/s) e Capão da Onça (25,1 L/s), somada a vazão outorgada subterrânea de 7,1 L/s.

iii. Cenário C2 – Redução de perdas e do consumo urbano

Para este cenário foram consideradas medidas de gestão que visem a redução do consumo per capita e do índice de perdas na distribuição, tendo em vista serem variáveis importantes para redução do consumo urbano:

- Consumo per capita de 110 L/hab.dia, considerado o consumo racional da OMS;
- Índice de perdas na distribuição de 28% correspondente à faixa mediana estabelecida pelo manual de indicadores da Adasa;
- Vazão captável para abastecimento:
 - Normalidade hidrológica: 99,8 L/s, correspondente a 90% da vazão de referência Q_{90} do mês de setembro dos córregos Barroco (63 L/s) e Capão da Onça (29,7 L/s), somada a vazão outorgada subterrânea de 7,1 L/s;
 - Escassez hídrica⁵⁸: 89,4 L/s, correspondente a 90% das vazões médias observadas em set/2017 nos córregos Barroco (57,2 L/s) e Capão da Onça (25,1 L/s), somada a vazão outorgada subterrânea de 7,1 L/s.

⁵⁸ Escassez hídrica: foram consideradas vazões médias mensais observadas no ano de 2017.

iv. Cenário C3 – Nova Captação

Este cenário considerou a ampliação da oferta hídrica por meio de nova captação de água, a ser implementada em duas etapas:

- Consumo per capita de 117 L/hab.dia, referente ao consumo de 2019;
- Índice de perdas na distribuição de 33,6% correspondente ao valor de 2019;
- Vazão captável para abastecimento:
 - Normalidade hidrológica:
 - Situação atual (2020 a 2022): 99,8 L/s, correspondente a 90% da vazão de referência Q_{90} do mês de setembro dos córregos Barroirão (63 L/s) e Capão da Onça (29,7 L/s), somada a vazão outorgada subterrânea de 7,1 L/s;
 - Etapa 1 (2023 a 2025)⁵⁹: 139,8 L/s, correspondente a 90% da vazão de referência Q_{90} do mês de setembro dos córregos Barroirão (63 L/s) e Capão da Onça (29,7 L/s) e a nova captação no córrego Olaria de 40 L/s;
 - Etapa 2 (2026 a 2037):⁶⁰ transferência de 165 L/s do sistema Descoberto para o sistema Brazlândia por meio da integração entre estes sistemas e desativação das demais captações;
 - Escassez hídrica:
 - Situação atual (2020 a 2022): 89,4 L/s, correspondente a 90% das vazões médias observadas em set/2017 nos córregos Barroirão (57,2 L/s) e Capão da Onça (25,1 L/s), somada a vazão outorgada subterrânea de 7,1 L/s;
 - Etapa 2 (2023 a 2025): 125 L/s, correspondente a 90% das vazões médias observadas em set/2017 nos córregos Barroirão (57,2 L/s) e Capão da Onça (25,1 L/s), somada a vazão outorgada subterrânea de 7,1 L/s e a nova captação no córrego Olaria de 35,6 L/s;
 - Etapa 3 (2026 a 2037): transferência de 146,9 L/s do sistema Descoberto para o sistema Brazlândia por meio da integração entre estes sistemas e desativação das demais captações, considerado uma redução de 11%⁶¹ na vazão de transferência;

⁵⁹ Etapa 1: corresponde a nova captação no córrego Olaria com aumento de 40 L/s a ser executada no período de 2020 a 2022, estando disponível para utilização no ano de 2023.

⁶⁰ Etapa 2: corresponde a obra de interligação do sistema Descoberto ao sistema Brazlândia no valor de 165 L/s, a ser executada no período de 2023 a 2025, estando disponível para utilização no ano de 2026.

⁶¹ Redução de transferência: foi simulada uma possível redução de 11% na vazão a ser transferida do sistema Descoberto ao sistema Brazlândia, considerando a redução da vazão de disponibilidade observada no ano crítico de escassez hídrica de 2017, no qual a vazão disponível para abastecimento caiu de 92,7 L/s para 82,3 L/s.

v. Cenário C4 – Redução de perdas, do consumo urbano e nova captação superficial

Este cenário considerou a ampliação da oferta hídrica por meio de nova captação de água, a ser implementada em duas etapas, associada a medidas de gestão para redução do consumo per capita e do índice de perdas na distribuição:

- Índice de perdas na distribuição de 28% correspondente à faixa mediana estabelecida pelo manual de indicadores da Adasa;
- Consumo per capita de 110 L/hab.dia, considerado o consumo racional da OMS;
- Vazão captável para abastecimento:
 - Normalidade hidrológica:
 - Situação atual (2020 a 2022): 99,8 L/s, correspondente a 90% da vazão de referência Q_{90} do mês de setembro dos córregos Barroirão (63 L/s) e Capão da Onça (29,7 L/s), somada a vazão outorgada subterrânea de 7,1 L/s;
 - Etapa 1 (2023 a 2025)⁶²: 139,8 L/s, correspondente a 90% da vazão de referência Q_{90} do mês de setembro dos córregos Barroirão (63 L/s) e Capão da Onça (29,7 L/s) e a nova captação no córrego Olaria de 40 L/s;
 - Etapa 2 (2026 a 2037):⁶³ transferência de 165 L/s do sistema Descoberto para o sistema Brazlândia por meio da integração entre estes sistemas e desativação das demais captações;
 - Escassez hídrica:
 - Situação atual (2020 a 2022): 89,4 L/s, correspondente a 90% das vazões médias observadas em set/2017 nos córregos Barroirão (57,2 L/s) e Capão da Onça (25,1 L/s), somada a vazão outorgada subterrânea de 7,1 L/s;
 - Etapa 2 (2023 a 2025): 125 L/s, correspondente a 90% das vazões médias observadas em set/2017 nos córregos Barroirão (57,2 L/s) e Capão da Onça (25,1 L/s), somada a vazão outorgada subterrânea de 7,1 L/s e a nova captação no córrego Olaria de 35,6 L/s;
 - Etapa 3 (2026 a 2037): transferência de 146,9 L/s do sistema Descoberto para o sistema Brazlândia por meio da integração entre estes sistemas e desativação das demais captações, considerado uma redução de 11%⁶⁴ na vazão de transferência;

⁶² Etapa 1: corresponde a nova captação no córrego Olaria com aumento de 40 L/s a ser executada no período de 2020 a 2022, estando disponível para utilização no ano de 2023.

⁶³ Etapa 2: corresponde a obra de interligação do sistema Descoberto ao sistema Brazlândia no valor de 165 L/s, a ser executada no período de 2023 a 2025, estando disponível para utilização no ano de 2026.

⁶⁴ Redução de transferência: foi simulada uma possível redução de 11% na vazão a ser transferida do sistema Descoberto ao sistema Brazlândia, considerando a redução da vazão de disponibilidade observada no ano crítico de escassez hídrica de 2017, no qual a vazão disponível para abastecimento caiu de 92,7 L/s para 82,3 L/s.

Quadro 23 – Quadro resumo dos cenários simulados de segurança hídrica do SAA Brazlândia

Cenário/Variável	Consumo per capita (L/hab.dia)	Perdas na distribuição (%)	Vazão captável Normalidade hidrológica (L/s)	Vazão captável Escassez hídrica (L/s)
Cenário C1 - Tendencial	117	36,6	99,8 L/s: Barrocão (63 L/s); Capão da Onça (29,7 L/s); poços (7,1 L/s);	89,4 L/s: Barrocão (57,2 L/s) Capão da Onça (25,1 L/s); poços (7,1 L/s)
Cenário C2 – Redução de perdas e do consumo urbano	110	28,00	99,8 L/s: Barrocão (63 L/s); Capão da Onça (29,7 L/s); poços (7,1 L/s);	89,4 L/s: Barrocão (57,2 L/s) Capão da Onça (25,1 L/s); poços (7,1 L/s)
Cenário C3 – Nova Captação	117	36,6	<u>Situação atual (2020 a 2022):</u> 99,8 L/s: Barrocão (63 L/s); Capão da Onça (29,7 L/s); poços (7,1 L/s); <u>Etapa 1 (2023 a 2025):</u> 139,8 L/s, Barrocão (63 L/s); Capão da Onça (29,7 L/s); poços: 7,1 L/s e Olaria de (40 L/s); <u>Etapa 2 (2026 a 2037):</u> 165 L/s, integração do sistema Descoberto ao sistema Brazlândia e desativação das demais captações;	<u>Situação atual (2020 a 2022):</u> 89,4 L/s: Barrocão (57,2 L/s) Capão da Onça (25,1 L/s); poços (7,1 L/s); <u>Etapa 1 (2023 a 2025):</u> 125 L/s, Barrocão (57,2 L/s); Capão da Onça (25,1 L/s); poços: 7,1 L/s e Olaria de (35,6 L/s); <u>Etapa 2 (2026 a 2037):</u> 123,8 L/s, integração do sistema Descoberto ao sistema Brazlândia e desativação das demais captações;
Cenário C4 – Redução de perdas, do consumo urbano e nova captação	110	28,00	<u>Situação atual (2020 a 2022):</u> 99,8 L/s: Barrocão (63 L/s); Capão da Onça (29,7 L/s); poços (7,1 L/s); <u>Etapa 1 (2023 a 2025):</u> 139,8 L/s, Barrocão (63 L/s); Capão da Onça (29,7 L/s); poços: 7,1 L/s e Olaria de (40 L/s); <u>Etapa 2 (2026 a 2037):</u> 165 L/s, integração do sistema Descoberto ao sistema Brazlândia e desativação das demais captações.	<u>Situação atual (2020 a 2022):</u> 89,4 L/s: Barrocão (57,2 L/s) Capão da Onça (25,1 L/s); poços (7,1 L/s); <u>Etapa 1 (2023 a 2025):</u> 125 L/s, Barrocão (57,2 L/s); Capão da Onça (25,1 L/s); poços: 7,1 L/s e Olaria de (35,6 L/s); <u>Etapa 2 (2026 a 2037):</u> 123,8 L/s, integração do sistema Descoberto ao sistema Brazlândia e desativação das demais captações.

Legenda: Vazão captável – Normalidade hidrológica: vazão captável para abastecimento correspondente a 90% da Q_{90} ; Vazão captável – Escassez: corresponde a vazão captável no cenário de escassez hídrica de 2017, no qual ocorreu redução de disponibilidade hídrica de 11% no SAA Brazlândia. Vazão captável: menor valor de vazão possível de ser captada considerando a disponibilidade hídrica, as outorgas emitidas pelo Adasa e a capacidade instalada do sistema.

Resultados

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Avaliação dos riscos associados aos estressores da água bruta

6.1.1 E1 - Demanda por água

a) Outorgas e usos da água

Na área de estudo, as outorgas concedidas pela Adasa corresponderam ao total de 130, sendo 41 (31,5%) superficiais e 89 (68,5%) subterrâneas. Constatou-se a inexistência de outorgas a montante do ponto de captação da Caesb no córrego Capão da Onça. Na **Figura 34** apresentam-se as outorgas concedidas de forma espacializada.

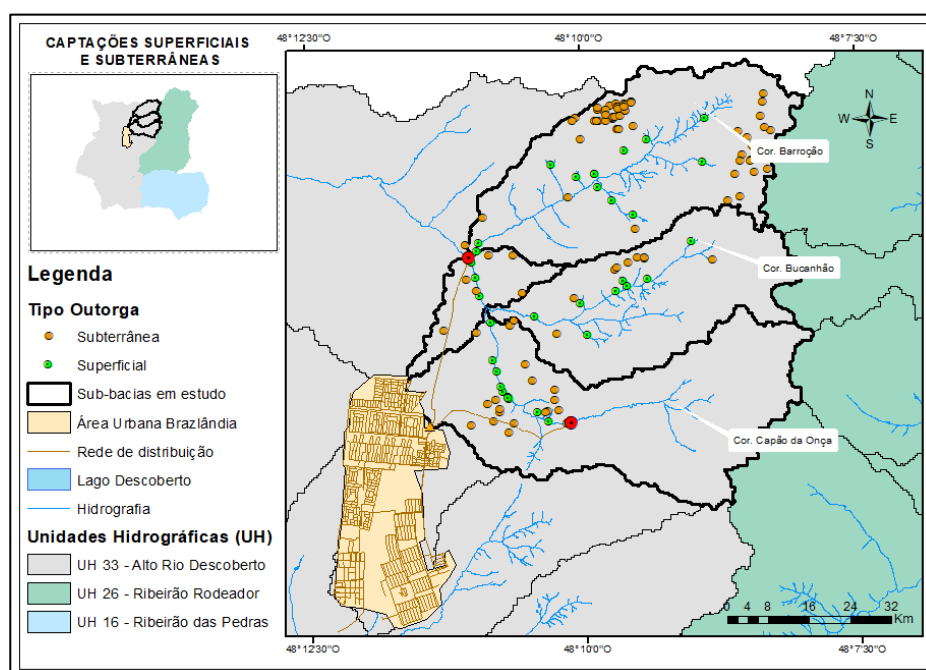


Figura 34 – Mapa das outorgas superficiais e subterrâneas na área de estudo (ADASA, 2020)⁶⁵

Apesar do menor número de outorgas superficiais, em termos de vazões estas totalizaram 85,7% (224,1 L/s) da vazão total outorgada de 261,4 L/s, enquanto as captações subterrâneas representaram 14,3% deste valor (37,3 L/s) (**Tabela 5**).

Tabela 5 – Vazões outorgadas por tipo a montante do SAA Brazlândia

Tipo de Captação	Vazão outorgada (L/s)	Vazão outorgada (%)	Qtde de outorgas
Superficial	224,1	85,7%	41
Subterrânea	37,3	14,3%	89
Total Geral	261,4	100,0%	130

⁶⁵ O mapa interativo do cadastro de outorgas de direito de uso do DF pode ser consultado no sistema de informação sobre recursos hídricos, disponível no link: <http://gis.adasa.df.gov.br/portal/home/>. Acesso em 21 dez 2020.

Na **Figura 35** mostram-se as vazões outorgadas por finalidade de uso. Constatou-se que 73,1% (191,1 L/s) da vazão total outorgada (261,4 L/s) foi destinada ao abastecimento público, seguido pelo uso para irrigação com 25,2% (65,8 L/s). Os demais usos, consumo humano (1,5 L/s; 0,6%), criação de animais (0,2 L/s; 0,1%) e outros (2,8 L/s; 1,1%) totalizaram 1,7% (4,5 L/s).

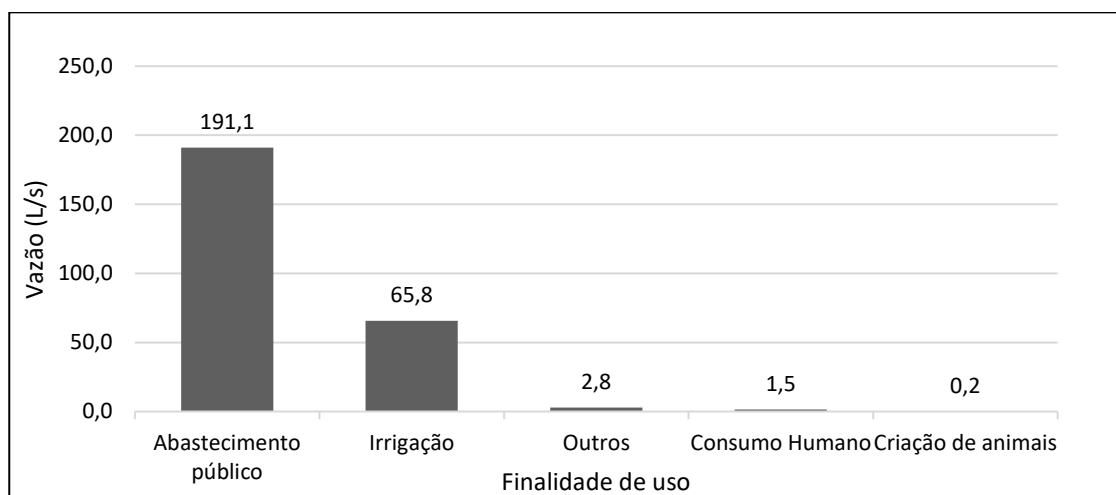


Figura 35 – Vazões outorgadas por finalidade no ponto a montante do SAA Brazlândia

Na **Tabela 6** apresenta-se a segregação das vazões outorgadas por tipo e finalidade. Verificou-se que 70,4% (184 L/s) das vazões outorgadas totais foram destinadas ao abastecimento público por meio superficial, enquanto apenas 2,7% (7,1 L/s) de forma subterrânea. As outorgas para irrigação do tipo superficial representaram 14,1% (36,9 L/s), enquanto as outorgas para irrigação do tipo subterrânea, 11,1% (28,9 L/s).

Tabela 6 – Vazões outorgadas por tipo e finalidade no ponto a montante do SAA Brazlândia

Tipo de Captação	Vazão outorgada (L/s)	Vazão outorgada (%)	Qtde de outorgas
Superficial			
Abastecimento público	184,0	70,4%	2
Irrigação	36,9	14,1%	32
Consumo Humano	0,3	0,1%	23
Criação de animais	0,2	0,1%	18
Outros	2,8	1,1%	7
Subterrânea			
Abastecimento público	7,1	2,7%	2
Irrigação	28,9	11,1%	55
Consumo Humano	1,2	0,5%	69
Criação de animais	0,1	0,0%	35
Outros	0,0	0,0%	1
Total Geral	261,4	100,0%	130

b) Demanda para irrigação

Na **Figura 36** apresenta-se o ranking das outorgas para a finalidade de uso de irrigação do tipo superficial. Observou-se que do total de 32 outorgas emitidas para essa finalidade apenas as quatro primeiras do ranking apresentaram valores maiores que 3 L/s, que correspondem a

aproximadamente 50% do volume outorgado. A maior outorga apresentou o valor de 5,7 L/s (aproximadamente 10% do volume outorgado). O total outorgado para essa finalidade foi de 36,9 L/s.

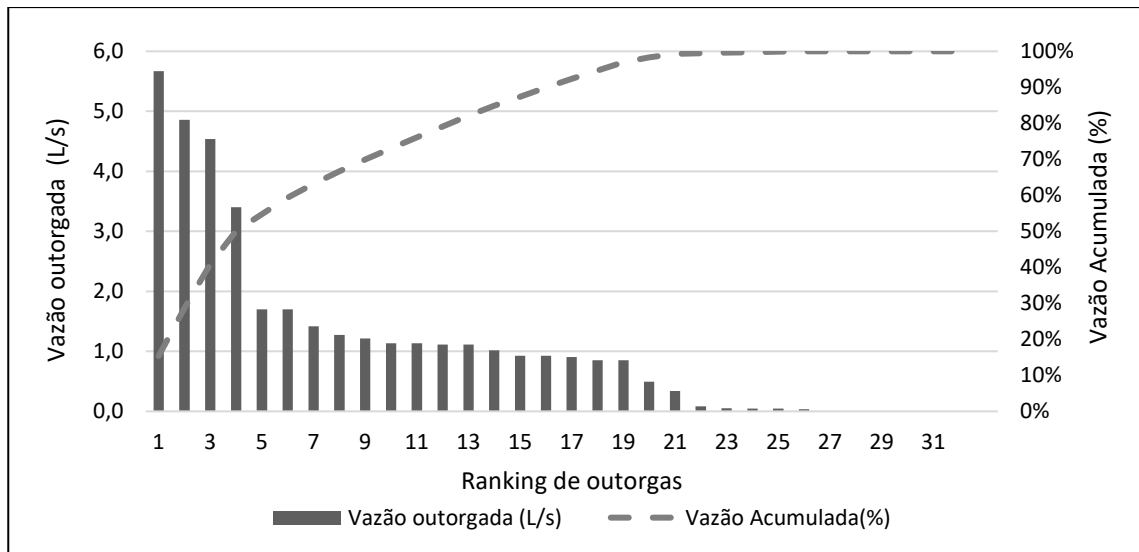


Figura 36 – Ordenamento das outorgas superficiais para irrigação e vazão acumulada

Na **Figura 37** demonstra-se a mesma análise acima feita para as 55 outorgas com a finalidade de uso de irrigação do tipo subterrânea. Apenas as três primeiras outorgas apresentaram valores superiores a 2 L/s e representam, aproximadamente, 30% do volume outorgado, sendo o maior valor outorgado de 3,4 L/s (aproximadamente 10% do volume outorgado) e o somatório das vazões outorgadas de 28,9 L/s.

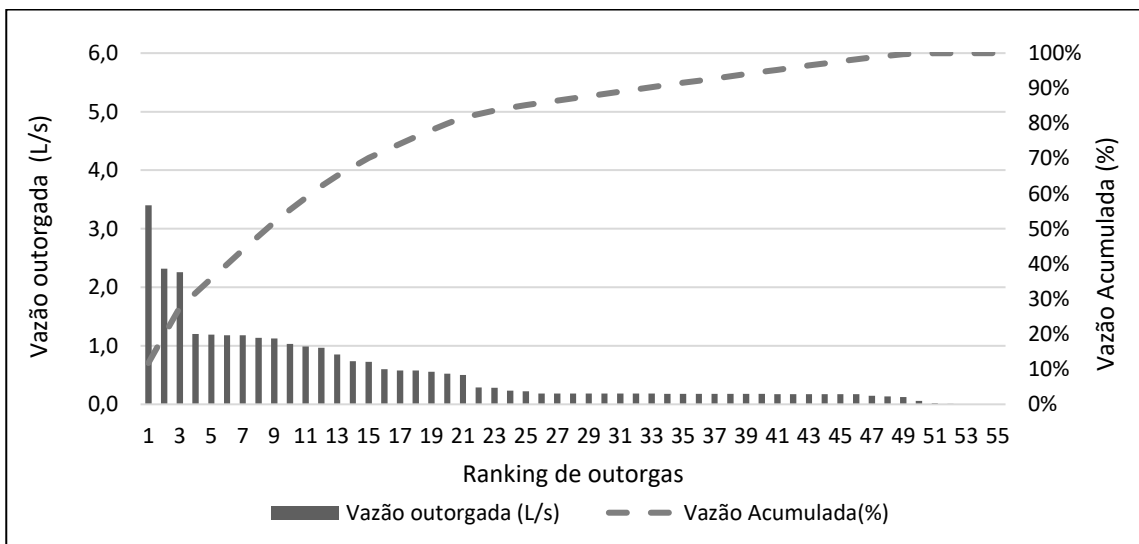


Figura 37 – Ordenamento das outorgas subterrâneas para irrigação e vazão acumulada

Dessa constatou-se, de acordo com o cadastro de outorgas, que a demanda para irrigação da área em estudo é composta por pequenos agricultores (baixas vazões outorgadas), não identificando-se grandes usuários individualmente.

c) Demanda e disponibilidade hídrica para abastecimento público

Na **Figura 38** apresenta-se o histórico da demanda urbana do SAA Brazlândia nos meses de setembro entre os anos de 2000 e 2019. A menor demanda ocorreu em set/2017 (97 L/s) e a maior demanda foi verificada em set/2014 (149 L/s). Após este ano, verificou-se tendência de queda na demanda, seguida de tendência de alta após o ano de 2018. Em 2019, a demanda verificada foi de 121 L/s.

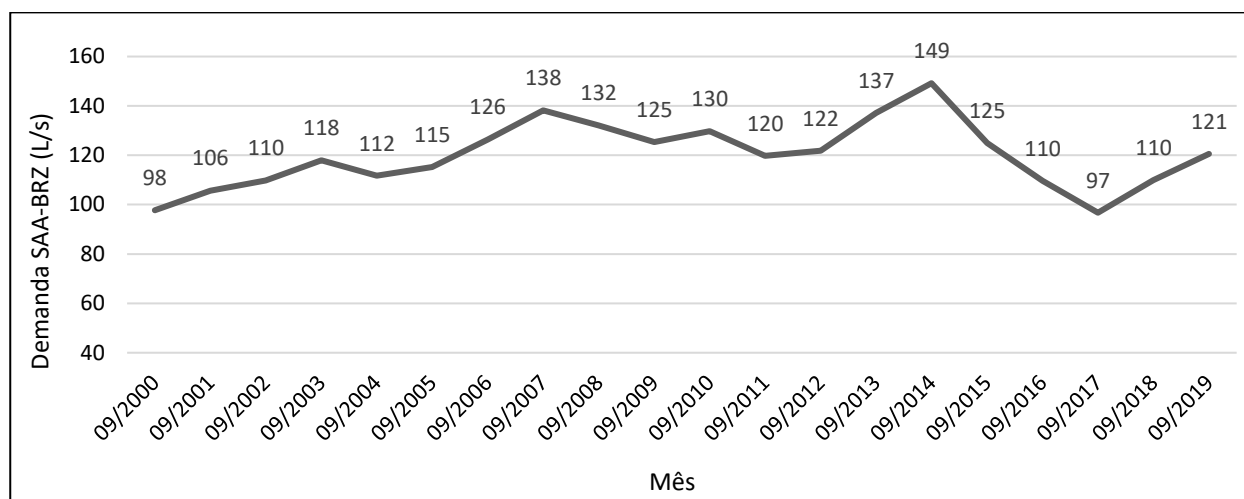


Figura 38 – Histórico da demanda urbana do SAA Brazlândia entre 2000 e 2019.

Legenda: Demanda SAA-BRZ: demanda dia de maior consumo, estimada pelo produto da vazão média mensal x 1,2;

Estudo realizado pela Adasa (2019d) analisou o comportamento das vazões outorgadas frente à atual disponibilidade hídrica das sub-bacias dos córregos Barroirão e Capão da Onça a partir dos dados históricos de monitoramento fluviométrico no período de 1997 a 2018, considerando as vazões monitoradas nas estações fluviométricas a montante dos pontos de captação para abastecimento.

O citado estudo atualizou as vazões de referência dos córregos Barroirão e Capão da Onça, disponíveis para o abastecimento público, tendo por base a vazão de referência, Q_{90} , conforme **Tabela 7**. A vazão de referência para o SAA Brazlândia foi obtida por meio da soma das disponibilidades em cada uma das captações do Barroirão e Capão da Onça, obtendo-se uma disponibilidade mínima no mês de setembro ($Q_{90} = 103$ L/s).

Tabela 7 – Vazões de referência Q_{90} mensal dos córregos Barroirão e Capão da Onça

Vazão Q_{90} mensal (L/s)	Mês											
Captação	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Barroirão (a)	148	284	349	308	218	133	100	80	70	85	93	158
Capão da Onça (b)	75	77	83	68	58	45	36	33	33	30	41	47
SAA Brazlândia (a + b)	223	361	432	376	276	178	136	113	103	115	134	205

Fonte: Adasa (2019d)

d) Avaliação de risco do estressor “Demanda por água”

i. Propriedade: Severidade

O grau de severidade do estressor “Demanda por água” foi avaliado por meio do Índice de comprometimento da vazão captável (I_{cvc}), expresso pela razão entre a demanda de água (vazão do dia de maior consumo) e a vazão captável⁶⁶ (vazão possível de ser captada, sendo 90% da Q_{90}), conforme descrito no item 5.6.1, E1.

Tendo em vista que as captações do Barracão e do Capão da Onça são aduzidas para tratamento na ETA Brazlândia, foi obtido o cálculo do I_{cvc} do SAA Brazlândia, considerando a demanda do dia de maior consumo do sistema e a vazão captável total, obtida pela soma de 90% das vazões de referência (Q_{90}) em ambas as captações (**Figura 39**).

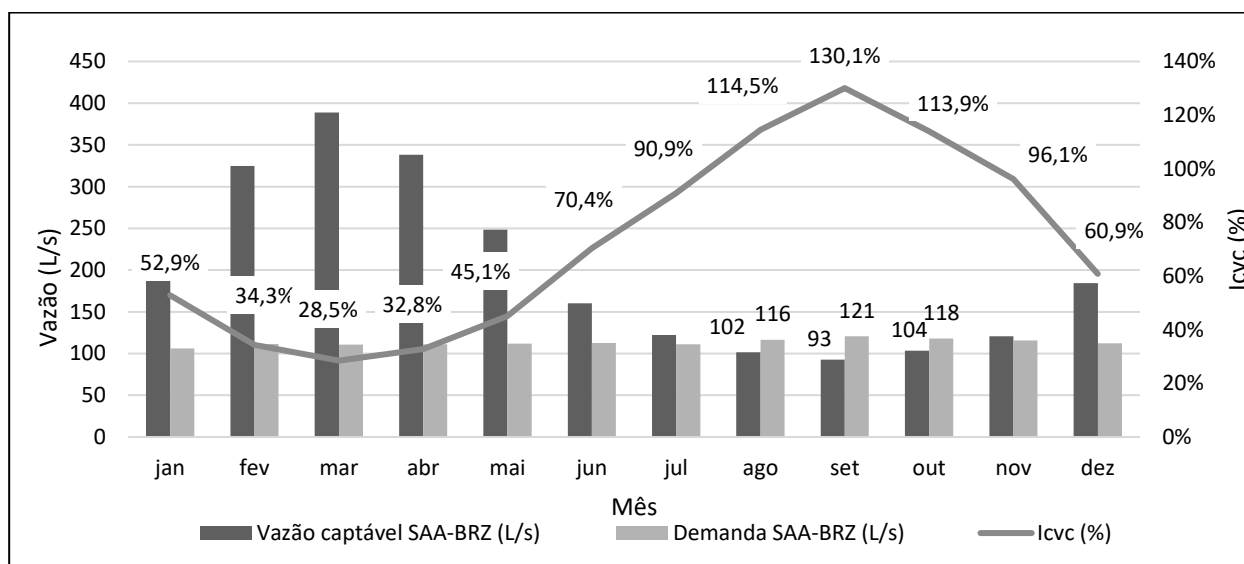


Figura 39 – Índice de comprometimento da vazão captável (I_{cvc}) em 2019

Legenda: Demanda SAA-BRZ: demanda do dia de maior consumo, estimada pelo produto da vazão captada média mensal x 1,2; Vazão captável SAA-BRZ: corresponde a soma da vazão outorgável nos pontos de captação do Barrocão e Capão da Onça, calculada como 90% da vazão de referência Q_{90} em cada manancial.

Depreende-se da análise da **Figura 39**, que I_{cvc} do SAA Brazlândia nos meses de janeiro a junho apresentou valores entre 28,5% (mar/2019) a 70,4% (jun/2019), significando que, neste período, a demanda urbana é inferior a vazão captável (disponibilidade hídrica) para abastecimento.

A partir do mês de julho, com a acentuação do período de estiagem, o aumento da demanda e a queda dos valores das vazões de referência, o comprometimento da vazão captável pela demanda

⁶⁶ Vazão captável: menor valor de vazão possível de ser captada considerando a disponibilidade hídrica, as outorgas emitidas pelo Adasa e a capacidade instalada do sistema. No caso do SAA Brazlândia, o fator limitante para captação é a disponibilidade hídrica (93 L/s), tendo em vista que o sistema possui maiores valores de outorgas (132 L/s) e capacidade instalada de bombeamento (185 L/s).

aumenta, alcançando o valor máximo de 130,1% no mês de set/2019, com posterior diminuição nos meses de out/2019 (113,9%), nov/2019 (96,1%) e dez/2019 (60,9%).

Considerando-se o mês de set/2019 como referência, por ser este o mês de maior demanda (121 L/s) e menor vazão captável (93 L/s)⁶⁷, avaliou-se o grau de severidade do estressor “Demanda por água” como “alto”, com valor de I_{cvc} de 130,1%⁶⁸.

ii. Propriedade: ocorrência

Na **Figura 40** apresenta-se o histórico do I_{cvc} do SAA Brazlândia, no período de 2000 a 2019, para o mês de setembro de cada ano, no qual ocorre a maior demanda e a menor disponibilidade hídrica.

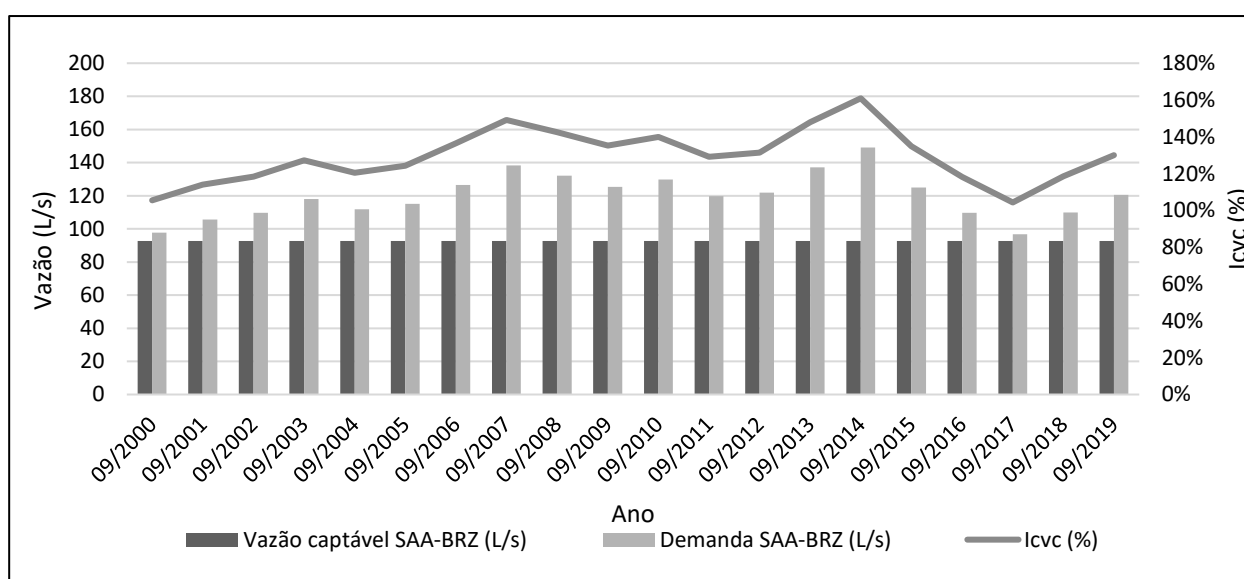


Figura 40 – Histórico do índice de comprometimento da vazão captável (I_{cvc}) entre 2000 e 2019

Legenda: Demanda SAA-BRZ: demanda do dia de maior consumo, estimada pelo produto da vazão captada média mensal x 1,2; Vazão captável SAA-BRZ: corresponde a soma da vazão outorgável nos pontos de captação do Barroão e Capão da Onça, calculada como 90% da vazão de referência Q_{90} em cada manancial.

Observou-se valores de I_{cvc} acima de 100% durante todos os anos da série histórica, com valor mínimo em set/2017 (104,3%) e máximo em set/2014 (160,9%). Nos últimos 5 anos, verificou-se tendência de queda na demanda urbana de 125 L/s (set/2015) para 97 L/s (set/2017), o que provocou queda no I_{cvc} de 134,9% para 104,3%. Essa queda foi influenciada por fatores como redução do consumo *per capita*, redução de perdas na distribuição e o rodízio no fornecimento de

⁶⁷ A vazão captável no mês de setembro corresponde a soma da vazão outorgável no Barroão (63,6 L/s) e no Capão da Onça (27,9 L/s), totalizando 92,7 L/s.

⁶⁸ O grau de severidade do estressor “Demanda por água” foi avaliado por meio do índice de comprometimento da vazão captável (I_{cvc}), sendo: baixo, $I_{cvc} \leq 50$; médio, $50 < I_{cvc} \leq 85$; alto, $I_{cvc} > 85$ (ADASA, 2019a; DISTRITO FEDERAL, 2019b).

água, conforme abordado no item 6.3. Após o ano de 2018, porém, verificou-se tendência de alta do I_{cvc} passando de 118,6% (set/2018) para 130,1% (set/2019).

Dessa forma, devido a frequência regular do I_{cvc} acima de 85% durante todo o período em análise, especialmente nos últimos 5 anos, 2015 (134,9%), 2016 (118,3%), 2017 (104,3%), 2018 (118,6%), 2019 (130,1%), o grau de ocorrência do estressor “Demanda por água” foi avaliado como “alto”⁶⁹.

iii. Aplicação da matriz de risco

Aplicando-se a matriz de determinação de risco, conforme abordado no item 5.6.2 (pg. 83), por meio do cruzamento dos graus das propriedades severidade (grau “alto”) e ocorrência (grau “alto”), tem-se o risco para o estressor “Demanda por água” no ano de 2019 considerado “Inaceitável”.

6.1.2 E2 - Estiagem/Seca

a) Precipitação nas sub-bacias dos córregos Barroão e Capão da Onça

A análise da pluviosidade registrada pela estação pluviométrica localizada na ETA Brazlândia (1548007), estação mais próxima da área de estudo, demonstra que a média histórica do período de 1977-2018 foi de 1.506/ano mm, acima da média histórica para o DF de 1.403 mm/ano⁷⁰ (**Figura 41**).

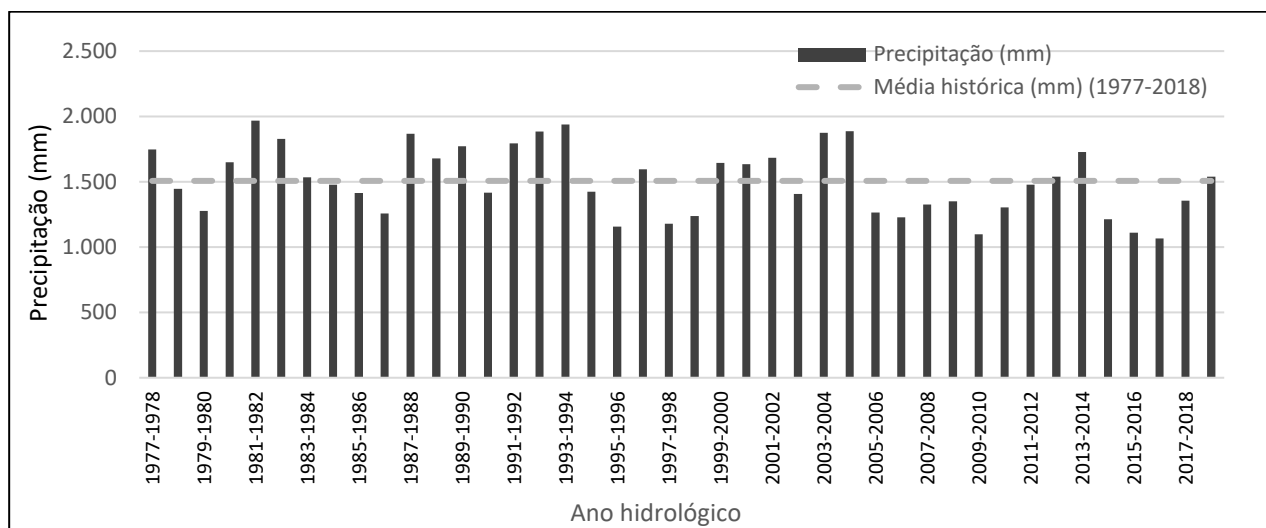


Figura 41 – Série pluviométrica por ano hidrológico da estação ETA-Brazlândia entre 1977 e 2019
Legenda: Média histórica 1977-2018 = 1.506 mm

⁶⁹ O grau da propriedade ocorrência do estressor “Demanda por água” foi avaliado por meio das seguintes faixas: baixo: todos os eventos com grau de severidade baixo nos últimos 5 anos; médio: 1 ou mais eventos com grau de severidade médio nos últimos 5 anos; alto: 1 ou mais eventos com grau de severidade alto nos últimos 5 anos;

⁷⁰ Média do período entre 1979 a 2018 (BRANDÃO; LIMA; RAMOS, 2018).

No ano hidrológico 2018-2019, foi observada precipitação de 1.538 mm, representando 102% da média histórica (1.506 mm). Destacou-se, ainda, a baixa precipitação registrada nos quatro anos hidrológicos imediatamente anteriores, com valores de 1.356 mm (2017-2018), 1.066 mm (2016-2017), 1.111 mm (2015-2016) e 1.213 mm (2014-2015), representando, respectivamente, 90%; 71%, 74% e 81% da média histórica. O déficit pluviométrico acumulado nesse período (2015-2018) totalizou 1.278 mm, o que corresponde a quase um ano hidrológico a menos de chuva.

Na **Figura 42** apresenta-se comparativo entre a precipitação média mensal acumulada e a média histórica registrada em cada ano hidrológico.

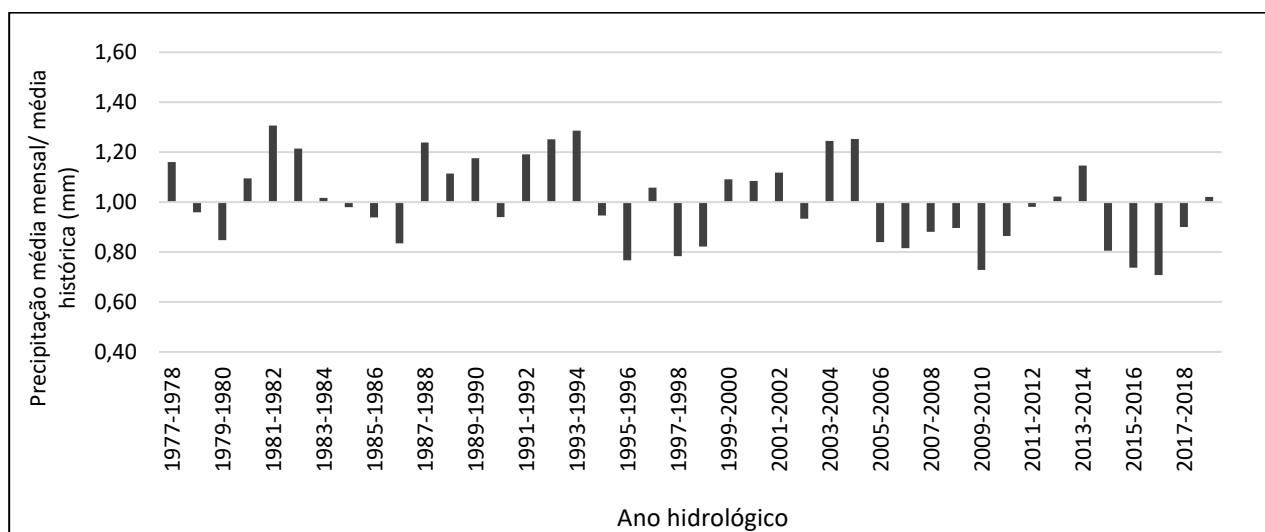


Figura 42 – Comparativo da precipitação média mensal com a média histórica na estação ETA-Brazlândia
 Legenda: Média histórica 1977-2018 = 1.506 mm

A análise dos 42 anos da série histórica (1977-2019) apresentou um total de 21 anos hidrológicos com precipitações acima da média histórica e 21 abaixo da média. Entretanto, é notório o aumento da frequência de anos hidrológicos seguidos com precipitações abaixo da média histórica, especialmente no período de 2006-2012 (7 anos consecutivos com variações entre 73% e 98% da média) e no citado período recente de 2015-2018 (4 anos consecutivos com variações entre 71% e 90% da média).

b) Variabilidade das vazões nos pontos de captação do SAA Brazlândia

Na **Figura 43** apresenta-se a soma das vazões médias medidas nos córregos do Barroão e Capão da Onça no ponto de captação do SAA Brazlândia. Verifica-se nos meses de janeiro a abril, maior variabilidade das vazões médias, em especial no mês de março. Para este mês, observou-se valores de vazões mínimas de 286,8 L/s (2017) e máximas de 2.653,5 L/s (2013), com mediana de 697 L/s e a média de 958 L/s.

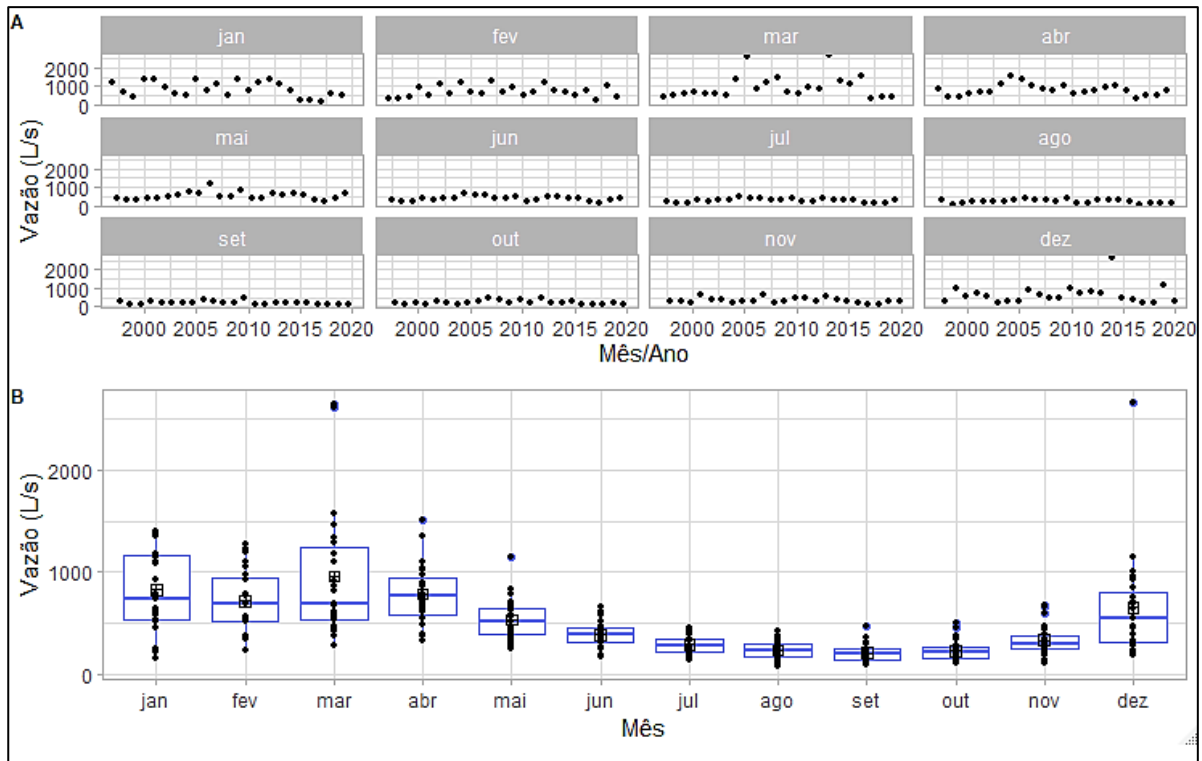


Figura 43 – Soma das vazões médias nos mananciais do Barroão e Capão da Onça entre 1997 e 2019
A: Evolução mensal; B: Boxplot mensal

As menores variabilidades foram observadas nos meses de agosto a outubro, com destaque para o mês de setembro (**Figura 44**). Para este mês, verificou-se valores de vazões mínimas de 91,4 L/s (2017) e máximas de 468 L/s (2009), a mediana foi de 204 L/s e a média de 205 L/s.

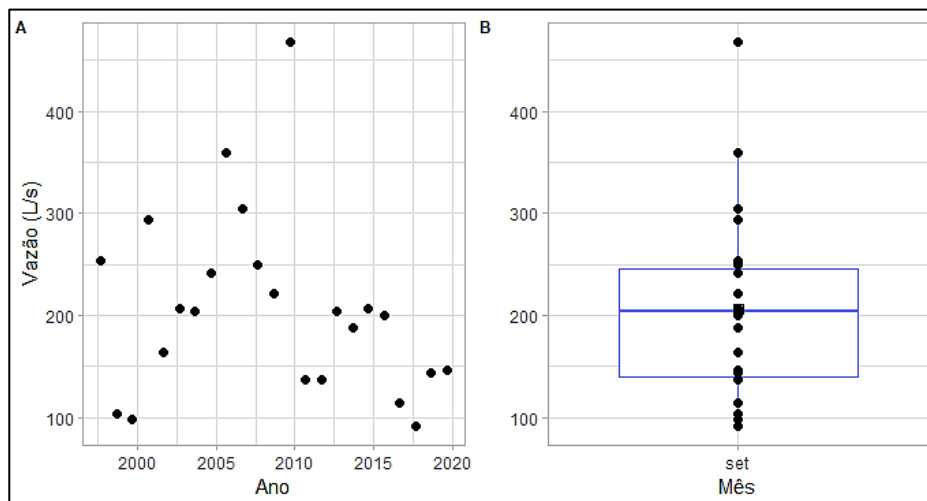


Figura 44 – Soma das vazões médias nos mananciais do Barroão e Capão da Onça entre 1997 e 2019 no mês de setembro

A: Evolução mensal; B: Boxplot mensal

Ao realizar-se a divisão da série de vazões observadas no mês de setembro, excluindo-se o ano de 2009 (468 L/s), considerado um *outlier*⁷¹, constatou-se que a média do período de 1997-2008

⁷¹ Outliers (valores atípicos): valores acima e/ou abaixo de 1,5 vezes o Intervalo interquartil (Q3 -Q1).

foi de 225 L/s, enquanto o período de 2010-2019 apresentou média de 157 L/s, o que representa uma queda de 68 L/s (30,2%).

c) Correlação entre vazões e precipitação

Na **Figura 45** apresenta-se a matriz de correlação de Pearson⁷² entre as vazões e as precipitações observadas nas captações do SAA Brazlândia entre 1997 e 2019 (23 anos). Observou-se correlação⁷³ linear positiva forte ($r: 0,818$)⁷⁴ entre as vazões medidas no período crítico de estiagem ($Q_{\text{jun-set}}$) e as vazões observadas no período chuvoso ($Q_{\text{jan-abr}}$).

Constatou-se, também, correlação linear positiva forte ($r: 0,868$), entre as vazões observadas no período crítico de estiagem ($Q_{\text{jun-set}}$) e as vazões do mês de maio (Q_{maio}), o que significa que quanto maior a vazão do mês de início da estiagem (maio), maior será a média das vazões nos meses mais críticos de junho a setembro, em princípio.

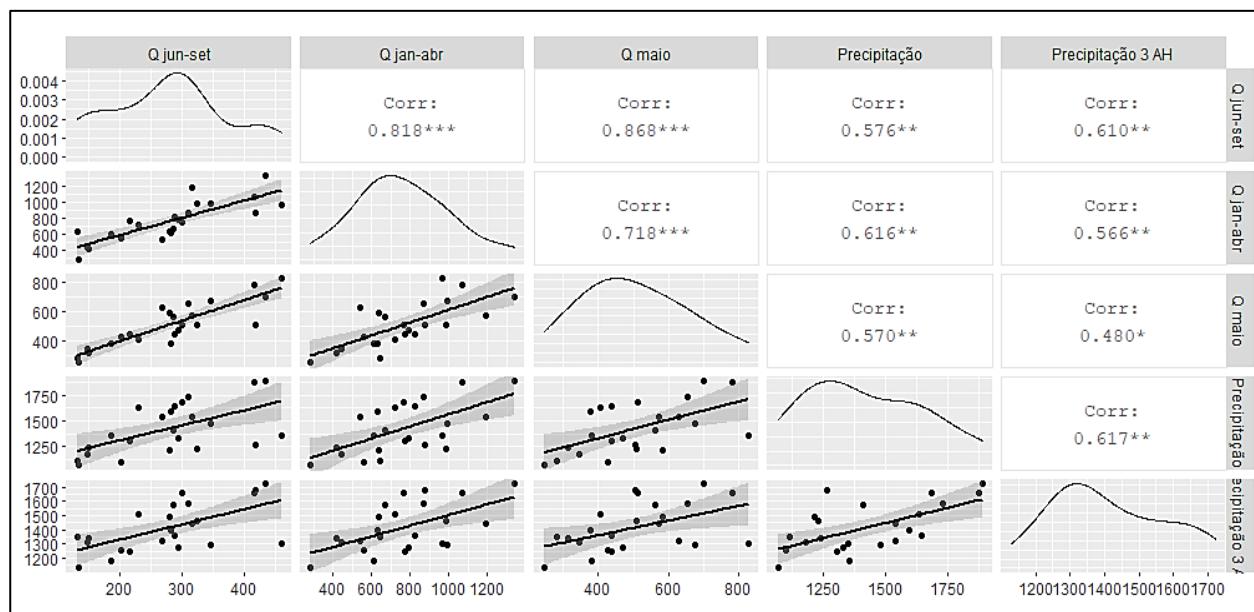


Figura 45 – Correlação entre vazões do SAA Brazlândia e precipitação entre 1997 e 2019

Legenda: $Q_{\text{jun-set}}$: média das vazões observadas nos meses de junho a setembro; $Q_{\text{jan-abr}}$: médias das vazões observadas nos meses de janeiro a abril; Q_{maio} : médias das vazões do mês de maio; Precipitação: precipitação observada em mm. Precipitação 3AH: precipitação média observada nos últimos 3 anos hidrológicos. Corr: Coeficiente de correlação de Pearson (r).

Entretanto, a correlação linear deste período crítico de estiagem ($Q_{\text{jun-set}}$) com a precipitação observada no ano hidrológico (setembro-agosto) foi considerada moderada ($r: 0.576$). Por fim,

⁷² O Coeficiente de correlação de Pearson é utilizado para séries de dados que apresentam normalidade. A normalidade das séries foi testada por meio do teste Shapiro-Wilk (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

⁷³ A correlação representa a tendência que as variáveis apresentam quanto à sua variação conjunta, sendo que variáveis altamente correlacionadas não apresentam necessariamente relação de causa e efeito (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

⁷⁴ Intensidade do coeficiente de correlação (r): correlação muito forte se r maior que 0.9; correlação forte se r entre 0.7 a 0.9; correlação moderada se entre 0.5 a 0.7; correlação fraca se r entre 0.3 a 0.5; correlação desprezível se r entre 0 a 0.3 (MUKAKA, 2012).

objetivando verificar, ainda, a influência do período chuvoso nas vazões de estiagem ($Q_{\text{jun-set}}$) foi realizada a correlação entre as vazões de estiagem ($Q_{\text{jun-set}}$) com a precipitação média de três anos hidrológicos anteriores (Precipitação 3 AH). Neste caso, a correlação aumentou ($r: 0.610$), porém ainda dentro de patamares considerados moderados.

Dessa forma, conclui-se que as vazões do período de estiagem estão mais correlacionadas linearmente com as vazões observadas no período chuvoso do que com as precipitações verificadas no ano hidrológico, embora em ambos os casos se tenha verificado correlação linear positiva.

d) Comparativo das vazões observadas e média histórica

Na **Figura 46** observa-se comparativo do somatório das vazões dos córregos do Barroirão e Capão da Onça nos últimos 5 anos (2015-2019) e a média histórica do período entre 1997-2014 durante os meses de estiagem (maio a setembro). Verificou-se que os anos de 2016 e 2017 apresentaram os menores valores de vazões, especialmente nos meses de ago/2016 (87 L/s) e set/2017 (91 L/s).

O ano de 2015 apresentou valores próximos a média histórica, com exceção do mês de out/2015 (175 L/s), no qual a média histórica é de 255 L/s. Constatou-se ainda que nos últimos 5 anos verificou-se vazões nos meses críticos de agosto e setembro inferiores à média histórica (agosto de 256 L/s e setembro 224 L/s), com exceção do mês de agosto de 2015 (264 L/s).

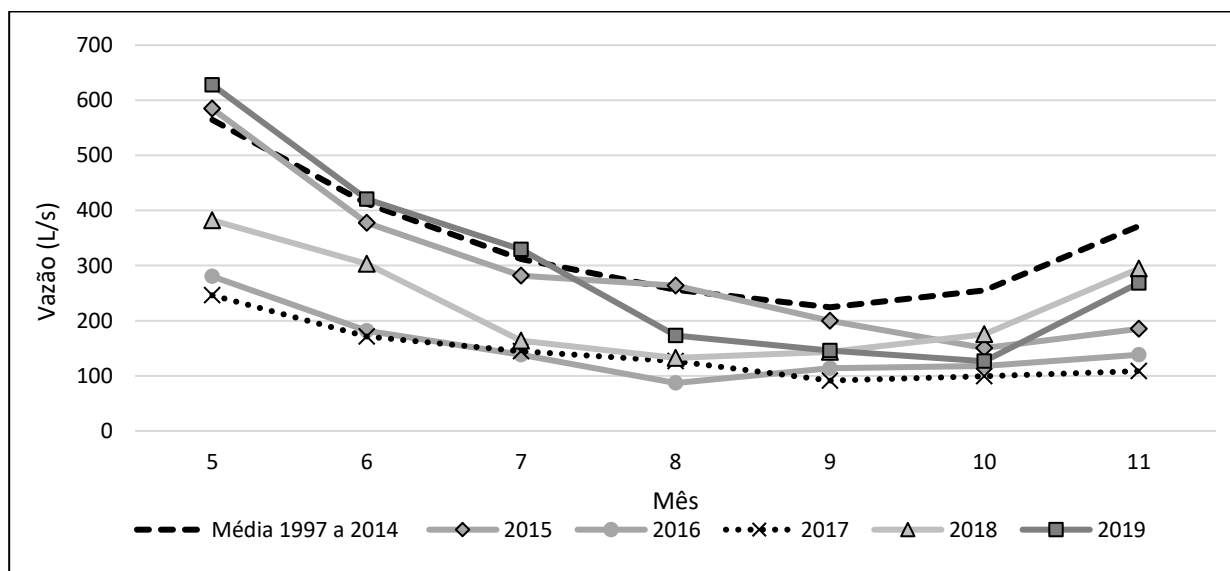


Figura 46 – Soma das vazões médias nos mananciais do Barroirão e Capão da Onça nos últimos 5 anos e comparação com média histórica (1997 a 2014).

Nota: O período de estiagem ocorre nos meses de maio (25 mm) a setembro (34 mm). Os meses de outubro (111,5 mm) e novembro (243 mm) foram incluídos para auxílio na análise.

e) Avaliação de risco do estressor “Estiagem/Seca”

i. Propriedade: severidade

O grau de severidade do estressor “Estiagem/Seca” foi avaliado por meio do Índice de variabilidade da vazão (I_{vv}), conforme descrito no item 5.6.1, E2. Na **Figura 47** mostra-se a evolução das vazões médias medidas, as vazões de referência, Q_{90} mensal, assim como o I_{vv} do ano de 2019 para os mananciais do Barroão e Capão da Onça, considerando-se a soma destas medidas em ambos os córregos⁷⁵.

Constatou-se valores de I_{vv} com graus de severidade considerados “baixo” nos meses de janeiro (2,31), abril-julho (entre 2,04 e 2,42), “médio” nos meses fevereiro (1,05), agosto (1,53), setembro (1,42), novembro (2,00) e dezembro (1,47) e “alto” somente no mês de março (0,97).

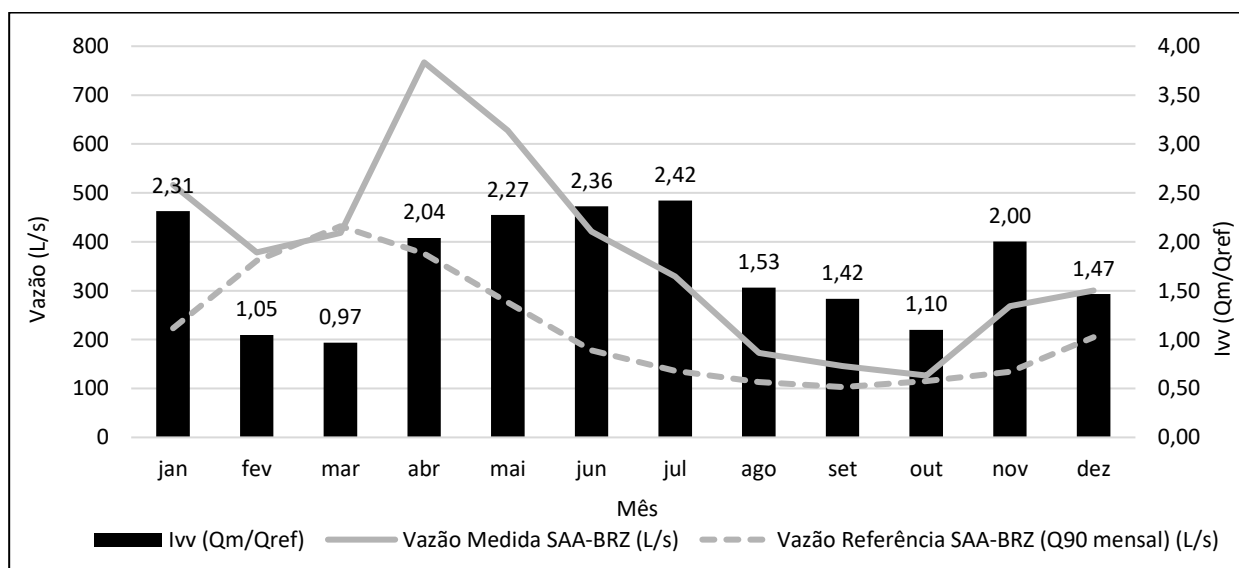


Figura 47 – Índice de variabilidade da vazão (I_{vv}) dos mananciais do SAA Brazlândia em 2019.

Legenda: Vazão medida SAA-BRZ: soma das vazões médias mensais dos córregos Barroão e Capão da Onça; Vazão referência SAA-BRZ: soma das vazões de referência Q_{90} mensais dos córregos Barroão e Capão da Onça. Grau de severidade do I_{vv} : baixo: $I_{vv} > 2$; médio: $1 \leq I_{vv} \leq 2$; alto: $I_{vv} < 1$.

Considerando-se o mês de setembro como referência⁷⁶, verifica-se que o I_{vv} para os mananciais do SAA Brazlândia apresentou valor de 1,42. Dessa forma, avaliou-se o grau de severidade do estressor “Estiagem/Seca” como “médio⁷⁷” em 2019.

⁷⁵ Optou-se por realizar o cálculo do I_{vv} de forma agregada considerando-se o somatório das vazões em ambos os mananciais, de forma a obter um único índice para o SAA Brazlândia.

⁷⁶ O mês de setembro é o mês com maior demanda urbana (121 L/s) e menor disponibilidade hídrica, com vazão outorgável no Barroão de 63 L/s e no Capão da Onça de 30 L/s, totalizando 93 L/s, enquanto no mês de outubro a vazão outorgável é de 104 L/s.

⁷⁷ O grau da severidade do estressor estiagem/seca foi apurado por meio do I_{vv} , sendo: baixo: $I_{vv} > 2$; médio: $1 \leq I_{vv} \leq 2$; alto: $I_{vv} < 1$ (CERH-MG, 2015).

ii. Propriedade: ocorrência

Na **Figura 48** apresenta-se os valores históricos do I_{vv} nos mananciais do SAA Brazlândia para o mês de setembro no período de 1997 a 2019. Constatou-se a seguinte frequência de graus de severidade do I_{vv} : baixo, em 43% (10/23); médio, em 48% (11/23) e alto, em 9% (2/23).

Em relação aos valores de I_{vv} nos últimos 5 anos (2015 a 2019) verifica-se ocorrência de I_{vv} com grau de severidade “médio” nos anos de 2015 (1,94), 2016 (1,11), 2018 (1,39) e 2019 (1,42) e com graus de severidade “alto” no ano de 2017 (0,89).

Dessa forma, tendo em vista os valores do I_{vv} com predominância de severidade com grau “médio” (80%) e a ocorrência de um evento com grau de severidade “alto” (20%) nos últimos 5 anos, o grau de ocorrência do estressor “Estiagem/Seca” foi considerado “alto”⁷⁸ para este período.

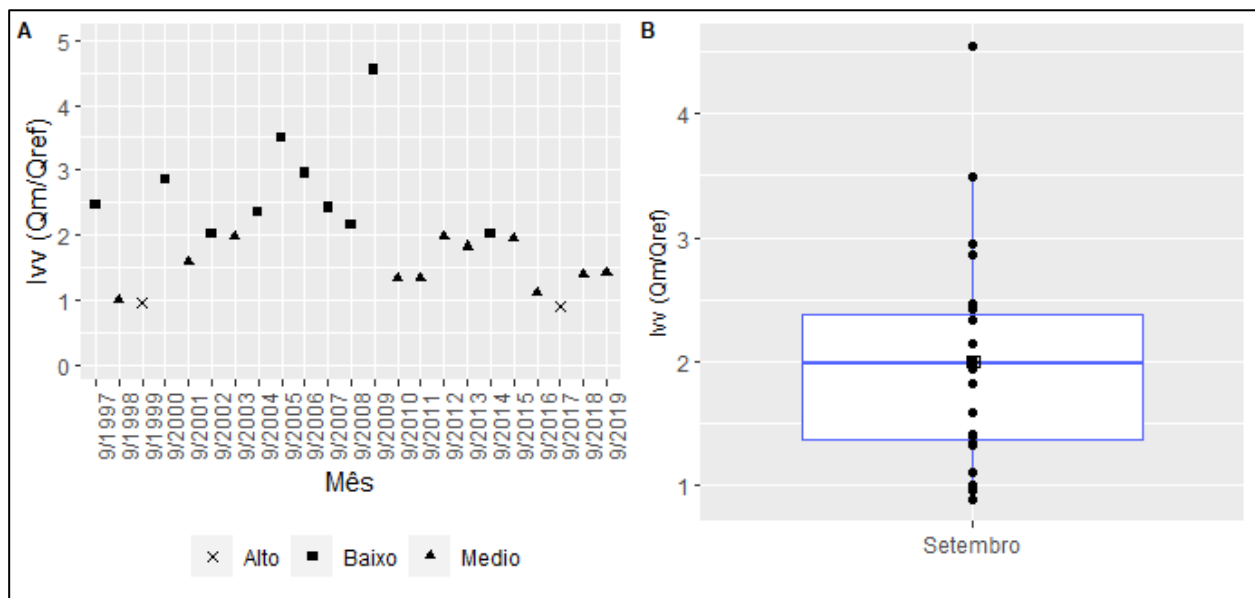


Figura 48 – Índice de variabilidade da vazão (I_{vv}) no mês de setembro dos mananciais do SAA Brazlândia (1997-2019).

Legenda: A: Evolução histórica; B: Gráfico boxplot: I_{vv} : Min (0,89); Q1 (1,36), Mediana (1,98), Média (1,99), Q3 (2,37); Max (4,54); Grau de severidade do I_{vv} : baixo: $I_{vv} > 2$; médio: $1 \leq I_{vv} \leq 2$; alto: $I_{vv} < 1$.

iii. Aplicação da matriz de risco

Aplicando-se a matriz de determinação de risco, conforme abordado no item 5.6 (pg. 83), por meio do cruzamento dos graus das propriedades severidade (grau “médio”) e ocorrência (grau “alto”), tem-se risco para o estressor “Estiagem/Seca” no ano de 2019 considerado “Inaceitável”.

⁷⁸ O grau da propriedade ocorrência foi avaliado por meio das seguintes faixas: baixo, todos os eventos com grau de severidade baixo nos últimos 5 anos; médio, 1 ou mais eventos com grau de severidade médio nos últimos 5 anos; alto, 1 ou mais eventos com grau de severidade alto nos últimos 5 anos.

6.1.3 E3 - Poluentes ordinários

a) Análise exploratória dos dados de qualidade da água bruta

Na **Tabela 8** apresenta-se resumo estatístico dos resultados obtidos para os parâmetros que compõem o IQA, bem como a frequência de não conformidade com o enquadramento dos córregos Barroirão (classe 2) e Capão da Onça (classe 1) em relação aos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 357/2005.

Tabela 8 – Estatística descritiva dos resultados das análises de qualidade da água bruta de 2015 a 2019

Captação	Min	Q1	Q2	\bar{X}	Q3	Máx	σ	Lim. Classe	Qtde NC	Qtde Análises	% NC
Barroirão (Classe 2)											
Cor verd. (uH)	1,0	3,0	5,0	5,6	6,0	30,0	5,3	75	0	30	0
Turb. (NTU)	0,3	3,3	4,2	5,8	6,9	21,2	4,5	100	0	30	0
pH (-)	5,9	6,2	6,4	6,5	6,6	7,7	0,4	6 a 9	3	30	10
Cloreto (mg/L)	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,09	250	0	30	0
Fe total (mg/L)	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	2,4	0,4	-	-	-	-
N-NH3 (mg/L)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	3,7	0	30	0
Carb. total (mg/L)	0,7	1,7	2,2	2,3	3,0	4,1	0,8	-	-	-	-
Colif. total (NMP/100 mL)	2.419	2.419	2.419	2.419	2.419	2.419	0	-	-	-	-
IQA	59	68	69	69	71	74	3,5	-	-	-	-
Capão da Onça (Classe 1)											
Cor verd. (uH)*	1,0	3,0	3,0	3,8	4,3	10,0	2,3	-	0	30	0
Turb. (NTU)	0,1	1,0	1,1	1,3	1,5	2,9	0,5	40	0	30	0
pH (-)	5,7	6,1	6,6	6,5	6,8	7,8	0,5	6 a 9	4	30	13
Cloreto (mg/L)	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,08	250	0	30	0
Fe total (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,06	-	-	-	-
N-NH3 (mg/L)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	3,7	0	30	0
Carb. total (mg/L)	0,3	1,1	1,8	1,7	2,3	3,7	0,9	-	-	-	-
Colif. total (NMP/100 mL)	214,1	1.219	2.419	1.881	2.419	2.419	798	-	-	-	-
IQA	69	77	78	79	81	86	3,2	-	-	-	-

Legenda: Min: valor mínimo; Q1: primeiro quartil; Q2 segundo quartil; \bar{X} : média; Q3: terceiro quartil; Máx: valor máximo; σ : Desvio padrão. Lim. Classe: valor limite de enquadramento estabelecido pela Resolução CONAMA n. 357/2005; Qtde NC: quantidade não conforme; Qtde análises: quantidade total de análise efetuadas por parâmetro; %NC: percentual de amostras não conformes. *Padrão de cor para a Classe 1: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; Parâmetros da classe 3: Cor verd. (uH): **75** mg Pt/L; Turb. (NTU): **100** NTU; pH (-): 6 a 9; Cloreto (mg/L): **250** mg/L; Fe total (mg/L): Não definido; N-NH3 (mg/L): **13,3** mg/L; Carb. total (mg/L): Não definido; Colif. total (NMP/100 mL): Não definido.

No córrego Barroirão verificou-se não conformidades com a classe 2 para o parâmetro pH (3 ocorrências; 10%) em valores abaixo do limite de 6. Este mesmo parâmetro também apresentou resultados não conformes, abaixo de 6, no córrego Capão da Onça (4 ocorrências; 13%). Não foram verificadas não conformidades em relação aos parâmetros Cor verdadeira, Turbidez; Cloreto e N-NH₃. Os parâmetros Ferro total, Carbono total e Coliformes totais não possuem limites estabelecidos na Resolução CONAMA n. 357/2005. A série histórica dos dados é representada na **Figura 49**.

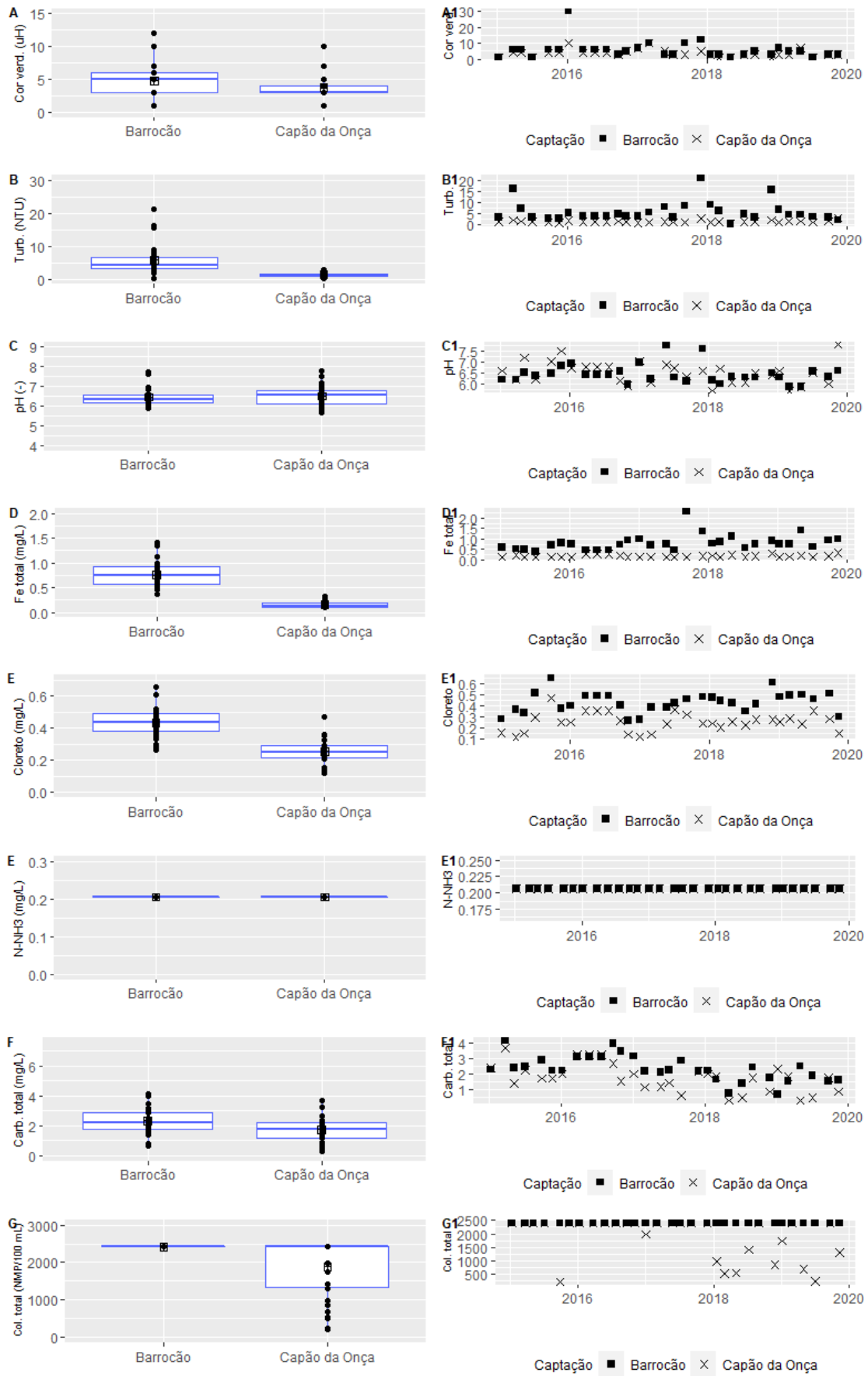


Figura 49 – Série histórica dos parâmetros de qualidade da água do Barroão e Capão da Onça. A; B;C;D;E;F: Gráfico boxplot; A1;B1;C1;D1;E1;F1: Evolução histórica

Verificou-se, ainda, que todos os valores médios e máximos do córrego Barroço apresentaram valores superiores àqueles verificados no córrego Capão da Onça, o que indica água de melhor qualidade neste último manancial. Porém, os valores obtidos no córrego Barroço demonstraram atendimento aos padrões de enquadramento estabelecidos (CONAMA n. 357/2005), com exceção do pH.

Destaca-se que para efeito de tratamento da água por tecnologia de tratamento convencional, como é o caso da ETA Brazlândia, podem ser alcançados até valores limites da classe 3 (CONAMA n. 357/2005), sendo o comparativo como o enquadramento estabelecido nas classes 1 (Capão da Onça) e 2 (Barroço) uma forma mais restritiva de acompanhamento da qualidade da água do manancial.

b) Análise multivariada por componentes principais (ACP)

A análise por componentes principais (ACP) foi aplicada à matriz dos resultados das análises de qualidade da água dos córregos Barroço e Capão da Onça, com o objetivo de avaliar os parâmetros mais significativos para a variabilidade dos resultados.

Na **Tabela 9** apresentam-se as quatro primeiras do total de oito componentes principais da análise. Cada componente reproduz um percentual da combinação linear das variáveis de qualidade analisadas e, neste caso, as quatro primeiras componentes representam 72,9% da variabilidade dos dados. A primeira componente (CP1) contribui com 32,4% da variância, a segunda (CP2) 14,6%, a terceira (CP3) 13,4% e a quarta (CP4) 12,5%.

Tabela 9 – Cargas das variáveis de qualidade em cada componente principais, porcentagens de variação e porcentagem total explicada

Variável/Carga	CP1	CP2	CP3	CP4
Cor verd. (uH)	0,45	0,52	0,15	0,00
Turb. (NTU)	0,77	0,04	0,32	0,00
pH (-)	0,07	0,81	0,28	0,00
Fe total (mg/L)	0,80	0,23	0,24	0,00
N-NH3 (mg/L)	0,00	0,00	0,00	1,00
Cloreto (mg/L)	0,76	0,40	0,26	0,00
Carb. total (mg/L)	0,56	0,14	0,63	0,00
Colif. total (NMP/100 mL)	0,61	0,11	0,59	0,00
Variância total	32,4%	14,6%	13,4%	12,5%
Variância acumulada	32,4%	47,0%	60,4%	72,9%

Legenda: CP: componente principal. Em negrito cargas > 0,75 indicativos de forte correlação entre a componente e os parâmetros de análise.

Na primeira componente (CP1) as variáveis Turbidez (NTU), Ferro Total (mg/L) e Cloreto (mg/L) apresentaram carga superior a 0,75 e são as que mais contribuíram para a variação dos dados

(ALVES et al., 2017; MONTEIRO et al., 2019; MUNIZ et al., 2019). As variáveis Carbono Total e Coliformes totais também contribuíram para a variação dos dados nessa componente, porém em cargas menores. Na segunda componente (CP2) apenas a variável pH (-) obteve valor maior que 0,75, sendo a única variável significativa nessa componente. Na componente (CP3) nenhuma variável contribuiu de forma significativa, enquanto que na componente (CP4) ocorreu contribuição alta do parâmetro N-NH3 (mg/L).

Na **Figura 50** apresenta-se a análise gráfica das duas principais componentes (CP1 e CP2), bem como a associação das amostras de qualidade da água monitoradas nos córregos Barroirão (amostras de 1 a 30) e Capão da Onça (amostras de 31 a 60) com essas componentes.

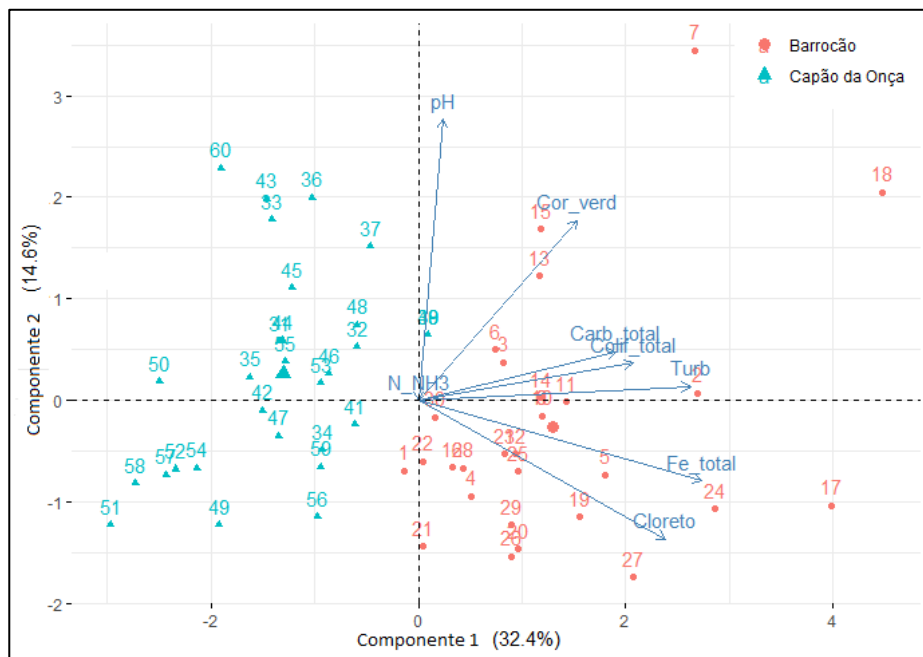


Figura 50 – Representação gráfica das componentes principais CP1 e CP2).

Para o córrego Barroirão, verificou-se concentração de amostras associadas aos parâmetros Ferro total e Cloreto, significando altas concentrações relativas destes elementos nas amostras analisadas, com destaque para as amostras 17, 24 e 27. Observou-se também, amostras com elevadas concentrações relativas de Cor verdadeira (13, 15; 7), Turbidez (2 e 18) e Carbono total (6 e 3).

A maior variabilidade de Ferro total na bacia do Barroirão pode ter origem natural decorrente da dissolução de compostos do solo (VON SPERLING, 2014), tendo em vista que estudo do PRH-Paranaíba-DF para a UH 33 - Alto Descoberto⁷⁹ não identificou cargas poluidoras pontuais para

⁷⁹ Os resultados do PRH Paranaíba-DF apontaram que na UH 33 – Alto Descoberto não foram encontradas cargas poluidoras de origem pontual para esgotos domésticos e efluente industrial. Em relação as cargas difusas, as maiores fontes de poluição foram verificadas para **efluentes domésticos** (DBO = 2,06 t/dia e Coliformes termotolerantes

efluentes industriais, que também poderiam contribuir para o aumento deste elemento (ADASA, 2019a).

As maiores concentrações e variâncias para os parâmetros Cloreto, Cor Verdadeira, Turbidez e Carbono total no córrego Barroço podem estar relacionadas com cargas difusas oriundas de efluentes domésticos e da atividade de pecuária (ADASA, 2019a). A análise do estressor “Pressão sobre as condições ambientais” evidenciou maiores usos antrópicos (pecuária e irrigação) na bacia do Barroço em relação à do Capão da Onça, sendo que esta última se localiza, quase que em totalidade, dentro da Floresta Nacional de Brasília – Área IV (Item 6.1.5 deste estudo).

Dessa forma, para o córrego Capão da Onça a análise de ACP, verificou-se distanciamento da componente principal CP1 (eixo horizontal) com exceção das amostras 38 e 40, demonstrando que a maioria das amostras deste manancial possuem baixos valores dos parâmetros, Ferro Total, Cloreto, Turbidez, Carbono total e Coliformes Total quando comparadas com o córrego Barroço.

Na componente principal CP2 (eixo vertical), associada ao parâmetro pH, constatou-se que as amostras que contribuíram de forma mais significativa para a variação dos dados estão relacionadas com o córrego Capão da Onça, especialmente as amostras 33, 36, 43 e 60. Porém os valores mediano (6,5) e máximo (7,8) deste parâmetro ainda estão dentro dos limites estabelecidos (6 a 9) para este manancial.

c) **Análise de tendência dos parâmetros analisados**

Na **Tabela 10** apresentam-se os resultados da análise de tendência dos parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA dos córregos Barroço e Capão da Onça entre 2015 e 2019.

No córrego do Barroço foi verificado o seguinte resultado:

- **sem tendência** - Cor verd, Turbidez; Cloreto, Colif. total;
- **com tendência de redução**: pH, Carb. total e IQA;
- **com tendência elevação**: Fe total (mg/L).

Enquanto no córrego Capão da Onça, verificou-se:

- **sem tendência**: Cor verd, Turbidez; Fe total, Cloreto, Colif. totais e IQA;
- **com tendência de redução**: pH e Carbono total.

= 3,91 E+6), **pecuária** (Nitrogênio = 5,4 t/dia e Fósforo = 1,5 t/dia e Coliformes termotolerantes = 5,1 E+14) (ADASA, 2019a).

Conforme os resultados obtidos, constata-se que no córrego Barroção existe tendência de elevação do parâmetro Ferro total, o que contribui para a tendência de redução dos valores do IQA, destacando que este parâmetro possui peso de 0,15 na composição desse índice. Em relação ao córrego Capão da Onça não foi verificada tendência de elevação de nenhum dos parâmetros analisados, assim como do índice IQA.

Tabela 10 – Análise de tendência dos parâmetros de qualidade da água dos córregos do Barroção e Capão da Onça entre 2015 e 2019

Manancial/Teste	Teste Kruskal-Wallis (p valor)	Influência da sazonalidade	Teste Mann-Kendall (p valor)	Tau de Kendall ¹	S Score Kendall ²	Tendência
Barroção						
Cor verd. (uH)	0.04374	Sim	0.20103	-0.182	-20	Sem tendência →
Turb. (NTU)	0.04996	Sim	0.26673	-0.152	-160	Sem tendência →
pH (-)	0.8349	Não	0.0032074	-0.349	-217	Redução ↓
Fe total (mg/L)	0.2453	Não	0.0024874	0.355	223	Elevação ↑
N-NH3 (mg/L)	-	-	-	-	-	-
Cloreto (mg/L)	0.3764	Não	0.065825	0.217	136	Sem tendência →
Carb. total (mg/L)	0.4769	Não	0.00014306	-0.447	-280	Redução ↓
Colif. total (NMP/100 mL)	0.2604	Não	0.195	0.17776	29	Sem tendência →
IQA	0.1707	Não	0.030332	-0.254	-160	Redução ↓
Capão da Onça						
Cor verd. (uH)	0.2336	Não	0.31841	-0.128	-72	Sem tendência →
Turb. (NTU)	0.3765	Não	0.53554	0.0764	46	Sem tendência →
pH (-)	0.5182	Não	8,60E-05	-0.462	-289	Redução ↓
Fe total (mg/L)	0.2436	Não	0.33034	0.117	72	Sem tendência →
N-NH3 (mg/L)	-	-	-	-	-	-
Cloreto (mg/L)	0.01635	Sim	0.24196	0.16	19	Sem tendência →
Carb. total (mg/L)	0.02867	Sim	0.00054968	-0.473	-56	Redução ↓
Colif. total (NMP/100 mL)	0.4544	Não	0.068625	-0.236	-118	Sem tendência →
IQA	0.3625	Não	0.95655	-0.00794	-5	Sem tendência →

Legenda: 1-Tau de Kendall (τ) mede a força de uma relação de Y em T. 2 - S Score Kendall corresponde a soma dos incrementos ou reduções nas análises pontuais verificadas. Valores em itálico são estatisticamente significativos ($p < 0,05$); O parâmetro N-NH3 (mg/L) não foi testado, tendo em vista que os resultados das análises apresentaram o mesmo valor (abaixo do limite de quantificação de 0,2 mg/L).

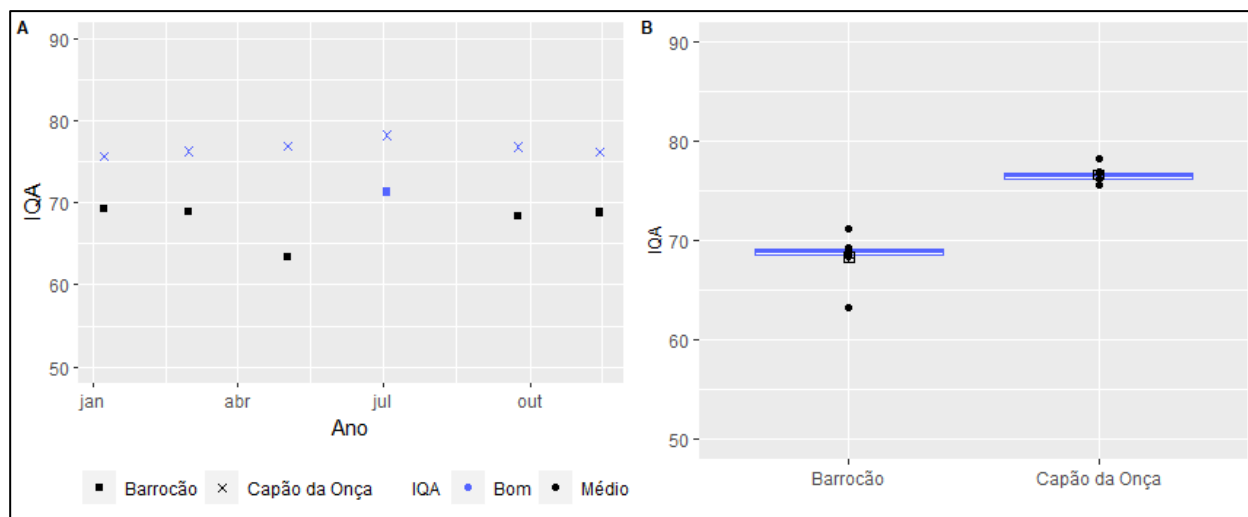
d) Avaliação de risco do estressor “Poluentes ordinários”

i. Propriedade: Severidade

O grau de severidade do estressor “Poluentes ordinários” foi avaliado por meio do cálculo do Índice de qualidade da água (IQA), conforme descrito no item 5.6.1, E3.

Na **Figura 51** resume-se os resultados obtidos do IQA das amostras de água bruta coletadas nos pontos de captação dos mananciais do Barroção e Capão da Onça no ano de 2019.

Os valores de IQA para o córrego Barroção variaram entre 63 (Médio) e 71 (Bom), enquanto o córrego Capão da Onça valores entre 76 (Bom) e 78 (Bom). Para o ano em análise, não foram observados resultados nas classes “Excelente”, “Ruim” ou “Péssimo”.



Tendo por base os resultados de IQA obtidos nas análises com valores “médio ou bom”, o grau de severidade do estressor “Poluentes ordinários” foi avaliado como “médio”⁸⁰.

ii. Propriedade: ocorrência

Na **Figura 52** apresenta-se os valores históricos do IQA para as amostras coletadas no manancial do Barroirão e Capão da Onça no período entre 2014 e 2019. Neste período, os valores de IQA para o manancial do Barroirão variaram entre o mínimo de 59 (IQA “médio”) em setembro/2017 e o máximo de 74 (IQA “bom”) em julho/2015, com valor de mediana e média de 69 (IQA “médio”) e desvio padrão de 3,5. Do total de 30 amostras analisadas, 20 (67%) apresentaram IQA na classe “médio” e 10 (33%) na classe “bom”.

Para o manancial do Capão da Onça os valores de IQA variaram entre o mínimo de 69 (médio) em maio/2015 e o máximo de 86 (bom) em março/2018, com valor de mediana de 78 (IQA “bom”) e média de 79 (IQA “bom”) e desvio padrão de 3,1. Do total de 30 amostras analisadas, 29 (97%) apresentaram IQA na classe “bom” e 1 (3%) IQA na classe “médio”.

⁸⁰ O grau de severidade do estressor “poluentes ordinários” foi avaliado pelas classes do IQA, agrupadas da seguinte forma: **baixo**, IQA na faixa “Excelente”; **médio**, IQA na faixa “médio” ou “bom”; **baixo**, IQA nas faixas “ruim” ou “péssimo” (CAESB, 2014; MELO, 2016).

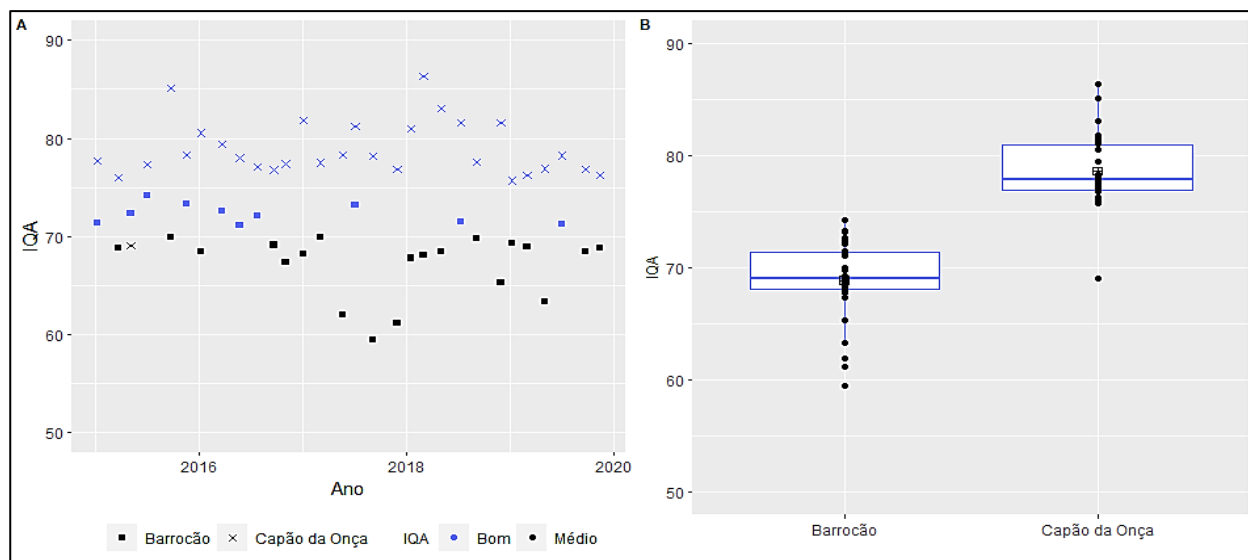


Figura 52 – Valores de IQA para o manancial do Barroirão e Capão da Onça entre 2015 a 2019

Legenda: A: Evolução histórica; B: Gráfico boxplot: **Barroirão**: Min (59); Q1 (68), Mediana (69), Média (69), Q3 (71); Max (74); **Capão da Onça**: Min (69); Q1 (77), Mediana (78), Média (79), Q3 (81); Max (86); Faixa do IQA: Excelente: $90 < IQA \leq 100$; Bom: $70 < IQA \leq 90$; Médio: $50 < IQA \leq 70$; Ruim: $25 < IQA \leq 50$; Péssimo: $0 \leq IQA \leq 25$

Em relação a ocorrência do estressor “Poluentes ordinários”, tendo por base que o manancial do Barroirão com pior qualidade apresentou IQA com frequência de 67% na classe “médio” e 33% na classe na classe “bom”, sem nenhuma amostra na classe “ruim” ou “péssimo”, mas também sem apresentar resultados na classe “Excelente”, o grau desta propriedade foi considerado “médio”⁸¹.

iii. Aplicação da matriz de risco

Aplicando-se a matriz de determinação de risco, conforme abordado no item 5.6.2 (pg. 83), por meio do cruzamento dos graus das propriedades severidade (grau “médio”) e ocorrência (grau “médio”), tem-se o risco para o estressor “Poluentes ordinários” no ano de 2019 considerado “tolerável”.

6.1.4 E4 - Poluentes acidentais

a) **Histórico de acidentes ambientais com produtos perigosos**

Na **Figura 53** apresenta-se o histórico de acidentes ambientais com produtos perigosos e áreas já contaminadas⁸² e unidade de resposta à emergências do Corpo de Bombeiros (CBMDF) entres os anos de 2008 e 2019 no DF.

⁸¹ O grau da propriedade ocorrência foi avaliado por meio das seguintes faixas: **baixo**, todas as amostras com grau de severidade baixo nos últimos 5 anos; **médio**, uma ou mais amostras com grau de severidade médio nos últimos 5 anos; **alto**: uma ou mais amostras com grau de severidade alto nos últimos 5 anos.

⁸² Áreas contaminadas são áreas que passaram por alguma contaminação de produtos químicos ou resíduos perigosos de forma que tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de maneira acidental, natural ou planejada, gerando impactos ao meio ambiente, à saúde humana ou a outro bem a proteger. Com base nas determinações da Resolução CONAMA nº 420 de 28 de dezembro de 2009, é realizado pelo IBRAM o

Neste período, foram registrados um total de 74 acidentes ambientais com produtos perigosos, localizados com maior frequência nas regiões de Brasília (16; 22%), Samambaia (7; 9%), Ceilândia (6; 8%), Gama (5; 7%), Lago Sul (5; 7%) e Brazlândia (5; 7%).

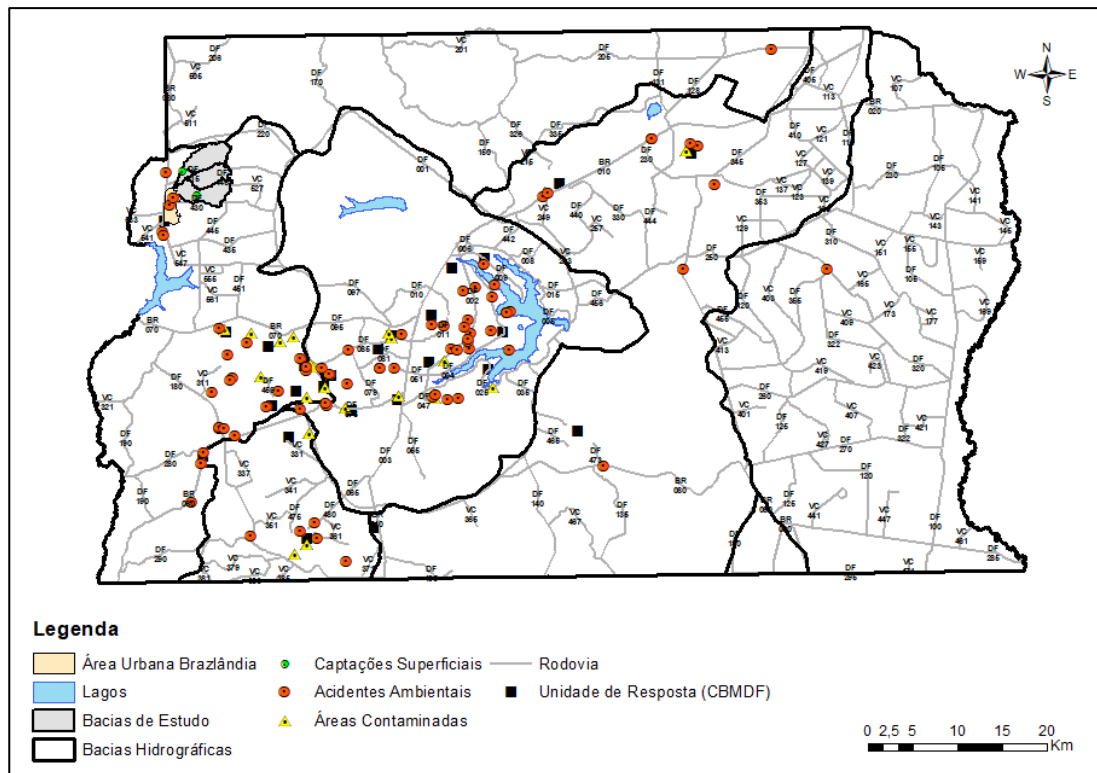


Figura 53 – Histórico de acidentes ambientais e áreas contaminadas entre 2008 e 2019 no DF

Em relação ao local de ocorrência, constatou-se maior frequência no Comércio (25), seguido de Rodovias (25), Indústrias (12), Residências (6), Corpo Hídrico (5) e Empresa Pública (1). No Comércio, os principais produtos envolvidos nos acidentes foram Gás Liquefeito de Petróleo - GLP (5), Óleo diesel (3) e Tintas/Inflamáveis (2)⁸³, enquanto nas Rodovias os produtos extravasados com maior frequência foram Óleo Diesel (8) e Demais Combustíveis (5)⁸⁴ e nas Indústrias, Amônia (5), Chorume (2), Borracha (2), Alcatrão Líquido (1), Resíduos sólidos (1) e Sulfato de Alumínio (1).

Na Unidade Hidrográfica do Alto Rio Descoberto, foram identificados um total de 5 (cinco) acidentes ambientais entre 2008 e 2019, representados na **Figura 54**, sendo 3 (três) na Rodovia BR-

cadastramento, o mapeamento, a análise de estudos elaborados em áreas já caracterizadas como áreas contaminadas, orientando o processo de remediação e reabilitação dessas áreas (BRASIL, 2007).

⁸³ Outros produtos envolvidos em acidentes no comércio: Mercúrio (1); Material radioativo (1), Percloroetileno (1); Enxofre (1), Líquido Inflamável (1); Amônia (1); Metacrilato de metila (1); Formaldeído (1); Querosene de avião (1); Gás lacrimogêneo (1).

⁸⁴ Outros produtos envolvidos em acidentes em rodovias: Resíduo oleoso (1); Óleo Vegetal (1); Betume (1); Gás Oxigênio (1); Alcatrão Líquido (1); Carvão Vegetal (1); Sulfato de Alumínio (1); Úreia fertilizante (1), Ácido clorídrico (1);

080, 1 (um) em Industria de Frangos dentro da área urbana e 1 (um) na ETA Brazlândia. Entre o ano de 2014 a 2019, não foram reportados eventos de acidentes.

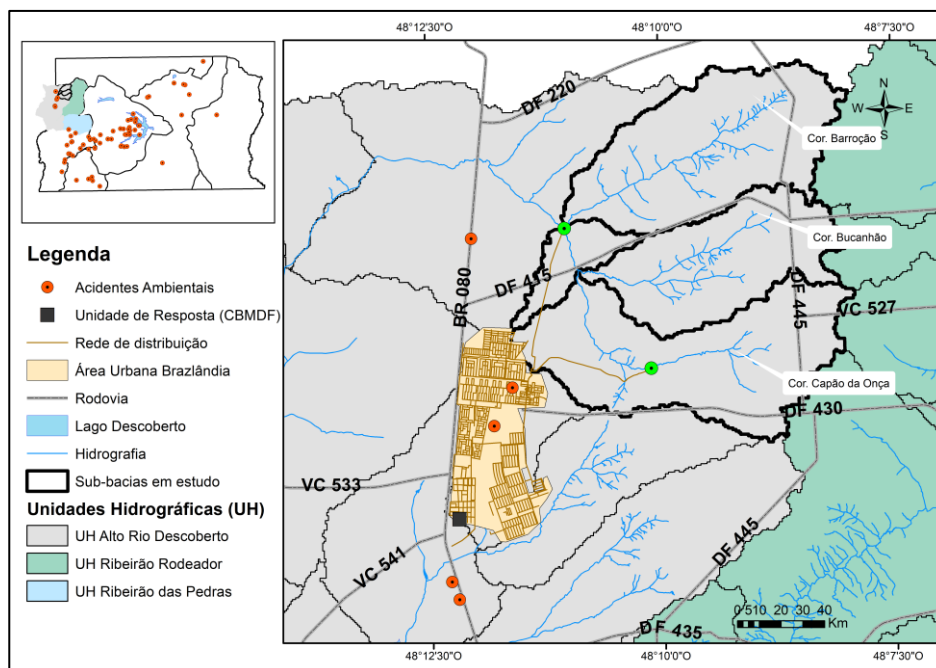


Figura 54 – Acidentes ambientais na UH do Alto Rio Descoberto entre 2008 e 2019

Os acidentes ocorridos na Rodovia BR-080 foram relacionados a tombamento de caminhão carregado com alcatrão (2009), tombamento de caminhão com carvão vegetal (2009) e vazamento de combustível de caminhão após acidente (2011). O acidente na Industria foi decorrente de vazamento de gás amônia em Industria de frangos (2010) e, por fim, foi ocorrido vazamento de cloro na ETA Brazlândia em 2013. Não há registros se ocorreu contaminação de corpos hídricos ou da gravidade dos eventos (**Tabela 11**).

Tabela 11 – Descrição dos acidentes ambientais na UH do Alto Rio Descoberto entre 2008 e 2019

Evento	produto	local	modal	ano
Tombamento de caminhão carregado com alcatrão	Alcatrão Líquido	BR-080	Rodovia	2009
Tombamento de caminhão com carregamento de carvão vegetal	Carvão Vegetal	BR-080	Rodovia	2009
Vazamento de gás amônia em Industria de frangos	Amônia	Industria	Industria	2010
Vazamento de combustível do tanque de caminhão após acidente	Óleo Diesel	BR-080	Rodovia	2011
Vazamento de cloro	Cloro	Caesb	Empresa	2013

b) Poluição por fontes fixas nas bacias em estudo

A partir da análise do cadastro de outorgas emitidas pela Adasa na área de estudo foram identificadas o total de 130 outorgas de direito de uso de recursos hídricos nas bacias dos córregos

Barroão e Capão da Onça. Porém, não foi identificada nenhuma outorga para uso industrial ou para mineração, cujas respectivas atividades pudessem representar possível fonte de poluição fixa (pontual) a esses mananciais. Conforme abordado no item 6.1.1, as outorgas emitidas são para uso agrícola (87), consumo humano (92), criação de animais (53) e abastecimento público (4).

c) Poluição por fontes móveis nas bacias em estudo

Em relação as fontes móveis, na **Figura 55** demonstra-se os trechos rodoviários⁸⁵ inseridos na área de estudo. Foram identificados o total de 165 km de trechos, sendo 15 km de rodovias, DF-415 e DF-430, 23 km de estradas vicinais, 2 km de arruamento (área urbana de Brazlândia) e 104 km de caminho carroçável. Não foram identificadas ferrovias ou dutovias nas bacias em estudo.

A análise das rodovias, demonstrou ponto de maior risco de contaminação decorrente de possíveis lançamentos de fontes móveis no cruzamento da DF-415 com o córrego Capão da Onça (Ponto 1 da **Figura 55**), tendo em vista a localização deste ponto a montante da captação para abastecimento e que extravasamentos neste ponto acarretam contaminação direta do corpo hídrico.

Entretanto, no ano de 2019, não foi relatado pela área de proteção de mananciais da Caesb⁸⁶ nenhum acidente ambiental na bacia que colocasse em risco a qualidade da água para abastecimento do SAA Brazlândia.

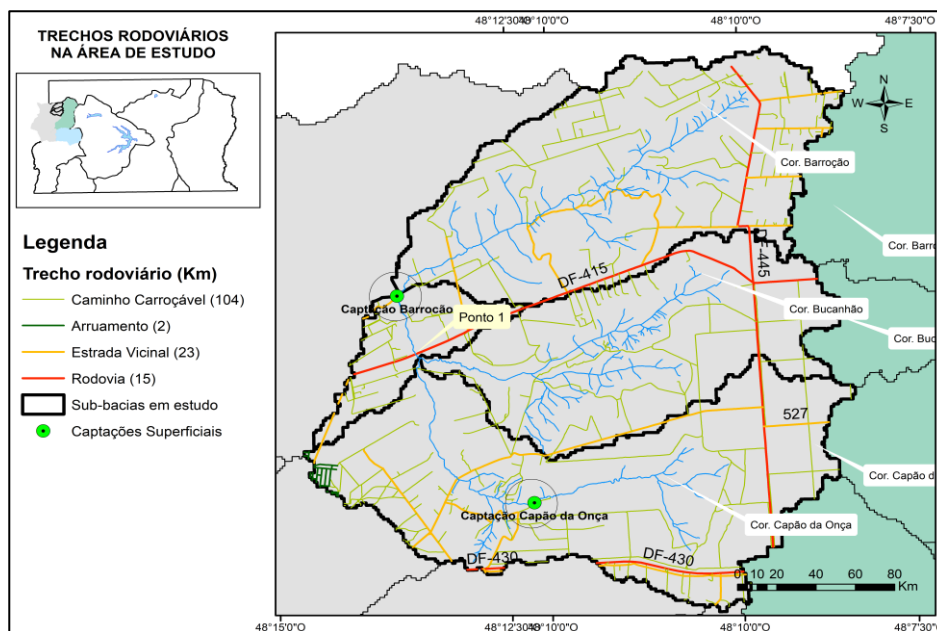


Figura 55 – Trechos rodoviários na área em estudo

⁸⁵ Tipos de trechos rodoviários: (i) rodovias: são vias interurbanas de rodagem pavimentadas (ii) estradas vicinais: aquela que faz a ligação entre várias áreas rurais e é usada para o escoamento da produção agrícola; (iii) arruamento: vias urbanas de rodagem; (iv) caminho carroçável: caminho, geralmente rústico e não pavimentado, destinado à circulação de carroças, carros de boi, charretes.

⁸⁶ Foi aplicado questionário para coleta de informações junto à prestadora (Caesb), disponível no Apêndice E.

Na **Tabela 12** apresenta-se comparativo do tráfego médio diário das três principais vias do DF com as três principais vias localizadas na área de estudo. Constata-se que nas vias mais movimentadas o fluxo de veículo é em torno de 100 mil por dia. Na área de estudo, a via com maior fluxo é a DF-430 com 5.706 veículos dia, seguida da DF-445 (1.154 veículos/dia) e DF-415 com 313 veículos/dia.

Por fim, destaca-se que as vias DF-415 e DF-445 não possuem revestimento asfáltico, o que limita o tráfego de caminhões e diminui o risco de acidentes ambientais nessas vias, quando comparado com as demais.

Tabela 12 – Comparativo do Tráfego médio diário (TDM) das vias em estudo em 2019

Via	TDM (veículo/dia)
DF-085 EPTG - Estrada Parque Taguatinga	135.252
DF-003 EPIA - Estrada Parque Indústria e Abastecimento	100.233
DF-095 EPCL - Estrada Parque Ceilândia	95.887
DF-430	5.706
DF-445	1.154
DF-415	313

Nota: DF-415 e DF-445 não possuem pavimentação asfáltica

d) **Unidade de resposta**

Foi identificada uma unidade de resposta do Grupamento de Proteção Ambiental do Corpo de Bombeiros na RA Brazlândia CBM-DF (7º CBM Brazlândia) responsável pelas ações de atendimento primário a possíveis ocorrências ambientais (isolamento, contenção e evacuações) o que contribui para minimizar os riscos de contaminação dos corpos hídricos.

e) **Avaliação de risco do estressor “Poluentes acidentais”**

i. Propriedade: Severidade

O grau de severidade do estressor “Poluentes acidentais” foi avaliado por meio da identificação de fontes poluidoras fixas (efluentes industriais ou minerários) ou móveis (acidentes com meios de transporte) e dos impactos decorrentes de possíveis acidentes na qualidade da água, conforme descrito no item 5.6.1, E4.

Tendo por base os resultados da avaliação acima na qual não foram constatados acidentes ambientais no ano de 2019 decorrentes de fontes fixas ou móveis com impacto na captação de água

do SAA Brazlândia, avaliou-se o grau de severidade do estressor “Poluentes acidentais” como “baixo”⁸⁷.

ii. Propriedade: ocorrência

Não foram identificados ou relatados pela Caesb acidentes ambientais nas bacias no período de 2015 a 2019, oriundos de fontes fixas (efluentes industriais ou minerários) ou móveis (acidentes com meios de transporte) com impacto no tratamento da água da ETA Brazlândia ou nas proximidades das captações, razão pela qual o grau da propriedade ocorrência foi considerado “baixo”⁸⁸.

iii. Aplicação da matriz de risco

Aplicando-se a matriz de determinação de risco, conforme abordado no item 5.6.2 (pg. 83), por meio do cruzamento dos graus das propriedades severidade (grau “baixo”) e ocorrência (grau “baixo”), tem-se risco para o estressor “Poluente acidental” no ano de 2019 considerado “aceitável”.

6.1.5 E5 - Pressão sobre as condições ambientais

a) **Uso e ocupação do solo**

As sub-bacias em estudo abrangem uma área de 33,6 km². Por meio do mapeamento do uso e ocupação do solo, verificou-se percentual de 39% (13,1 Km²) de vegetação nativa/remanescente e de 61% (20,5 km²) de usos antrópicos (pecuária - 22,5%, agricultura - 11,0%, silvicultura/reflorestamento - 18,6% e outros usos antrópicos - 8,9%⁸⁹) (**Figura 56**).

A vegetação nativa/remanescente localizou-se, principalmente, próxima aos córregos Capão da Onça e Bucanhão (matas ripárias), em manchas conectadas por corredores, além de fragmentos de vegetação nativa dispersos. Destacaram-se, ainda, áreas de preservação permanente alteradas, como nascentes e margens dos córregos Barroco e Bucanhão ocupadas com pastagens.

⁸⁷ Para a definição do grau de severidade do estressor “poluentes acidentais” foi utilizado como referência a metodologia do Plano de Contingência para Abastecimento de Água da ETA Guandu. A severidade provocada pelo acidente ambiental foi avaliada de forma indireta a partir da quantidade de horas de paralisação provocada no sistema de captação, da seguinte forma: baixo: interrupção de até 24h no abastecimento de água; médio: interrupção entre 24h e 72h no abastecimento de água; alto: interrupção acima de 72h no abastecimento de água (CBH GUANDU, 2015).

⁸⁸ O grau da propriedade ocorrência foi avaliado por meio das seguintes faixas: baixo: nenhuma ocorrência ou ocorrência de acidentes com severidade baixa nos últimos 5 anos; médio, uma ou mais ocorrências de acidentes com severidade média nos últimos 5 anos; alto, uma ou mais ocorrência de acidentes com severidade alta nos últimos 5 anos.

⁸⁹ Outros usos antrópicos: infraestrutura e edificações, área urbana consolidada e solo exposto.

As áreas em uso para agricultura⁹⁰ estão concentradas nas regiões norte e nordeste, com predominância de uso de outorgas subterrâneas, enquanto as áreas para pecuária estão localizadas próximas aos córregos Barroção e Capão da Onça, com uso de outorgas superficiais.

Verificou-se expressiva área utilizada para reflorestamento na região leste da área de estudo (18,6%). Em relação as áreas classificadas como “outros usos antrópicos” (8,9%), foram identificadas áreas com solo exposto, encontradas de forma difusa (4,3%), outros usos que não puderam ser categorizados (4,2%) e área urbana consolidada (0,4%), conforme detalhado no Apêndice D.

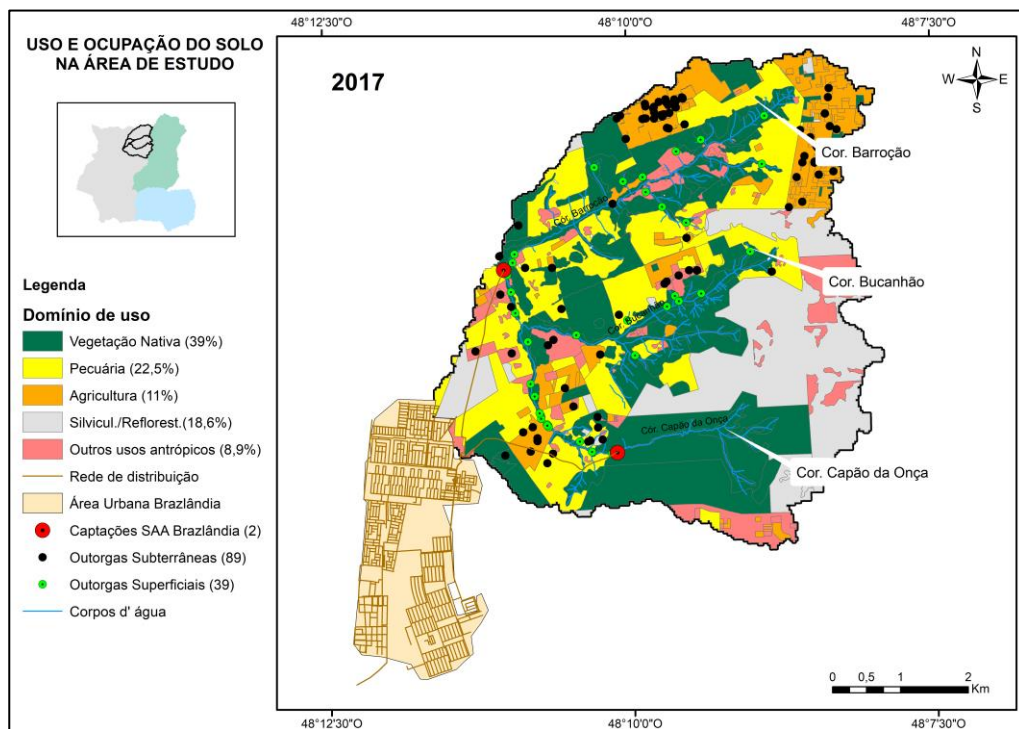


Figura 56 – Mapa de uso e ocupação do solo das sub-bacias em estudo por domínios de uso em 2017.

Na **Figura 57** compara-se a evolução do uso e ocupação do solo nas bacias em estudo entre os anos de 2009 e 2017. Constatou-se aumento dos usos antrópicos de 59,5% (2009) para 61% (2017) e diminuição da vegetação nativa/remanescente de 40,1% (2009) para 39% (2017).

Em relação aos usos antrópicos verificou-se diminuição das áreas de agricultura de 14,9% para 11%, aumento das áreas destinadas à pecuária, de 21,4% para 22,5%, aumento das áreas destinadas à silvicultura/reflorestamento de 16,2% para 18,6% e aumento das áreas destinadas à outros usos antrópicos de 7,1% para 8,9% (solo exposto e usos não categorizados).

⁹⁰ Conforme abordado no item 6.1.1, pg. 71, as outorgas para irrigação totalizaram 25,2% da vazão outorgada nas bacias em estudo de 261,4 L/s, sendo 32 outorgas para uso superficial (36,9 L/s) e 55 para uso subterrâneo (28,9 L/s).

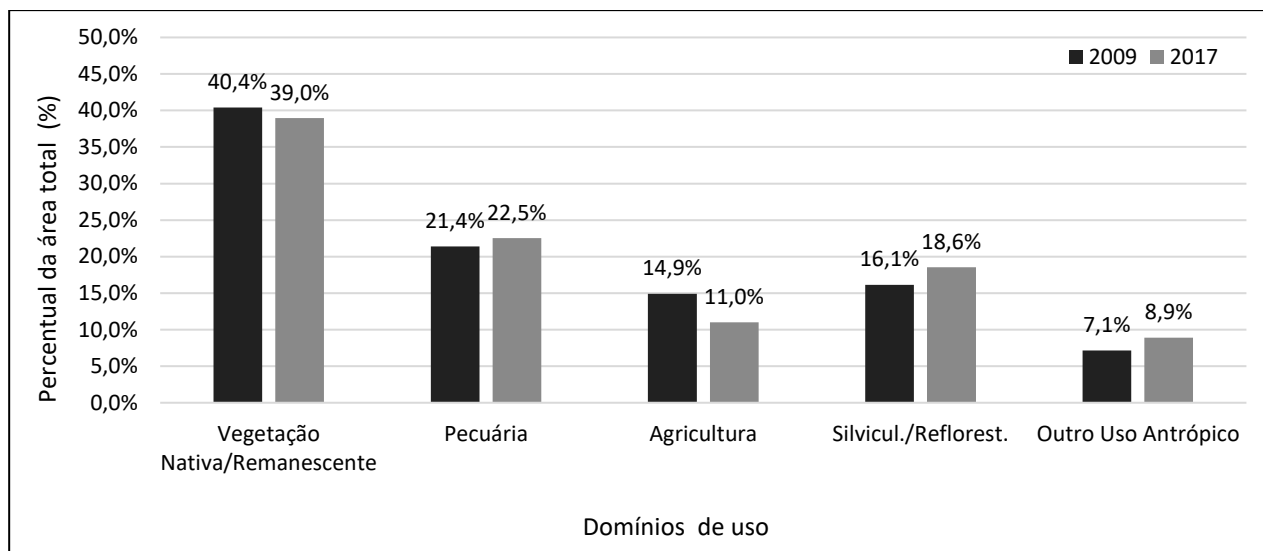


Figura 57 – Comparativo do uso e ocupação do solo por domínio nos anos de 2009 e 2017.

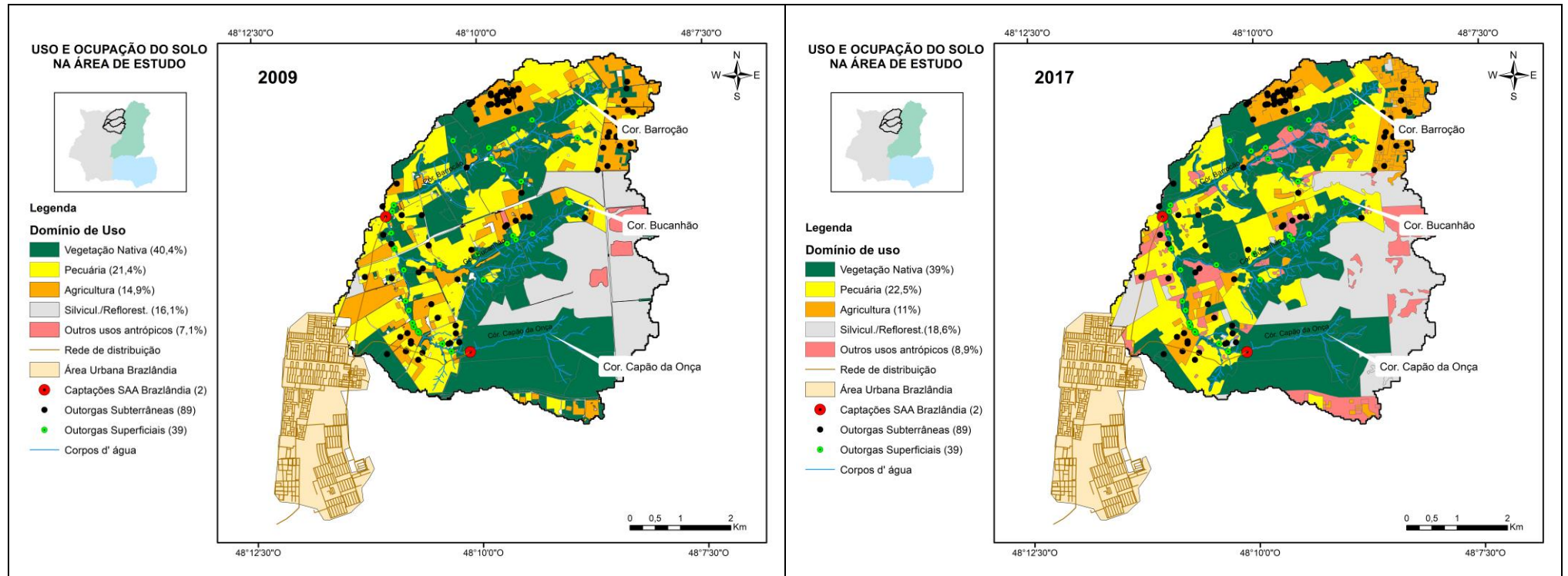


Figura 58 – Mapa comparativo do uso e ocupação do solo na área de estudo entre 2009 (esquerda) e 2017 (direita)

b) Unidades de conservação e áreas de proteção de manancial (APMs)

Na **Figura 59** mostra-se a Área de Proteção Ambiental do Descoberto (APA Descoberto) a Floresta Nacional de Brasília (Flona), e as áreas de proteção de manancial (APM Barrocão e APM Capão da Onça) na área de estudo.

i. Área de Proteção Ambiental do Descoberto (APA Descoberto)

As sub-bacias dos córregos Barrocão e Capão da Onça estão integralmente inseridas na APA Descoberto (**Figura 59**), criada pela Decreto n. 88.940, de 07 de novembro de 1983, constituindo-se em Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável (BRASIL, 1983).

A APA Descoberto teve seu Plano de Manejo elaborado em 2014, sendo este instrumento que fornece diretrizes para conservação dos recursos naturais⁹¹ contidos nesta UC e possibilita o direcionamento da aplicação dos recursos públicos (ICMBIO, 2014).⁹²

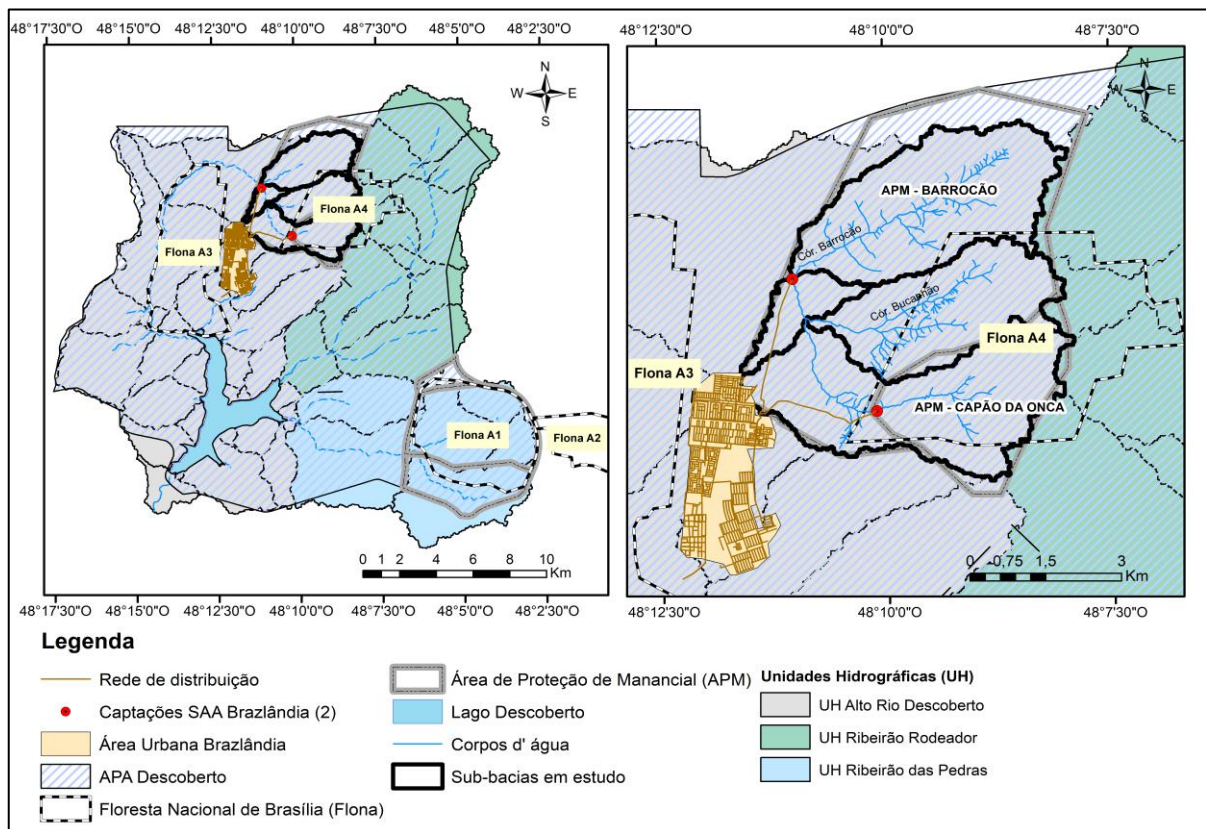


Figura 59 – APA Descoberto, Flona de Brasília e Áreas de proteção de manancial nas bacias em estudo.

⁹¹ Uso e ocupação do solo na APA Descoberto: vegetação natural (20,4%), área rural (64,4%), área urbana (4%), Corpos d'água (2,9%) e outros usos antrópicos (8,5%). Área total de 410 km².

⁹² O diagnóstico do Plano de Manejo da APA Descoberto identificou que o uso e ocupação do solo desta UC necessita de ações efetivas de conservação e planejamento territorial, tendo em vista que as regiões administrativas e municípios próximos a esta UC estão em rápido processo de urbanização. Dentre os principais problemas identificados na APA Descoberto destacam-se processos erosivos generalizados, impermeabilização do solo nas áreas urbanas, desmatamento nas áreas de entorno e invasões das margens dos recursos hídricos por atividades agrícolas (ICMBIO, 2014).

O Plano de Manejo da área da APA Descoberto realizou o zoneamento⁹³ a partir do mapa de uso e ocupação do solo, com a divisão da UC em zonas de uso, visando garantir a ocupação adequada da área. Por fim, para o alcance dos objetivos estabelecidos no plano foram definidos programas de monitoramento, proteção e manejo, gestão socioambiental e normas de operacionalização.

As zonas definidas dentro da APA Descoberto foram descritas de forma a ordenar as atividades permitidas e não permitidas dentro de seus limites, conforme descrito abaixo:

- Zona de conservação: determinada sobre áreas onde a vegetação de Cerrado encontra-se em bom estado de conservação, considerando-se todos os corredores ecológicos;
- Zona de uso rural controlado: área destinada a atividades rurais diversificadas tais como agricultura, pecuária, agroindústria, turismo rural e ecológico, atividades educacionais, culturais e sociais;
- Zona de contenção do adensamento humano: corresponde às regiões onde ocorreu parcelamento irregular do solo, com característica de difícil reversibilidade, que, no entanto, ainda apresentam baixa densidade populacional;
- Zona de contenção urbana: corresponde às regiões onde ocorreu parcelamento irregular do solo, com característica de difícil reversibilidade e que apresenta de média a alta densidade populacional;
- Zona urbana consolidada: deve seguir as determinações urbanísticas dos Planos Diretores locais / Distritais, Leis de usos e ocupação do solo e afins, desde que essas respeitem os princípios e normas gerais definidos no zoneamento da APA, notadamente quanto aos cuidados relacionados ao uso sustentável do solo;
- Zona de uso diversificado: a zona visa o estabelecimento de uma faixa de uso variado para atender a demanda de consolidação da cidade de Brazlândia.

Na **Figura 60** demonstra-se comparativo entre o zoneamento estabelecido no plano de manejo da APA Descoberto elaborado em 2014 e o uso e ocupação do solo nas bacias em estudo no ano de 2017. Constatou-se que zoneamento estabeleceu as seguintes proporções entre as áreas: Zona de conservação (55,7%); Zona de uso rural controlado (44,0%) e Zona urbana consolidada (0,3%). As demais zonas de uso não foram identificadas na área de estudo (Zona de contenção do adensamento humano, Zona de contenção urbana, Zona de uso diversificado).

Em relação a Zona de conservação de 55,7%, verifica-se que no ano de 2017 o percentual da área com vegetação nativa correspondeu a 39%, o que representa um déficit de 16,7% de áreas a serem recuperadas.

⁹³ A proposta de zoneamento foi elaborada pelo GT Plano de Manejo, formado no âmbito do Conselho Consultivo da APA Bacia do Rio Descoberto, que teve por finalidade contribuir para elaboração do Plano de Manejo da referida unidade de conservação. O zoneamento foi elaborado a partir do mapa de uso do solo produzido igualmente pelo GT.

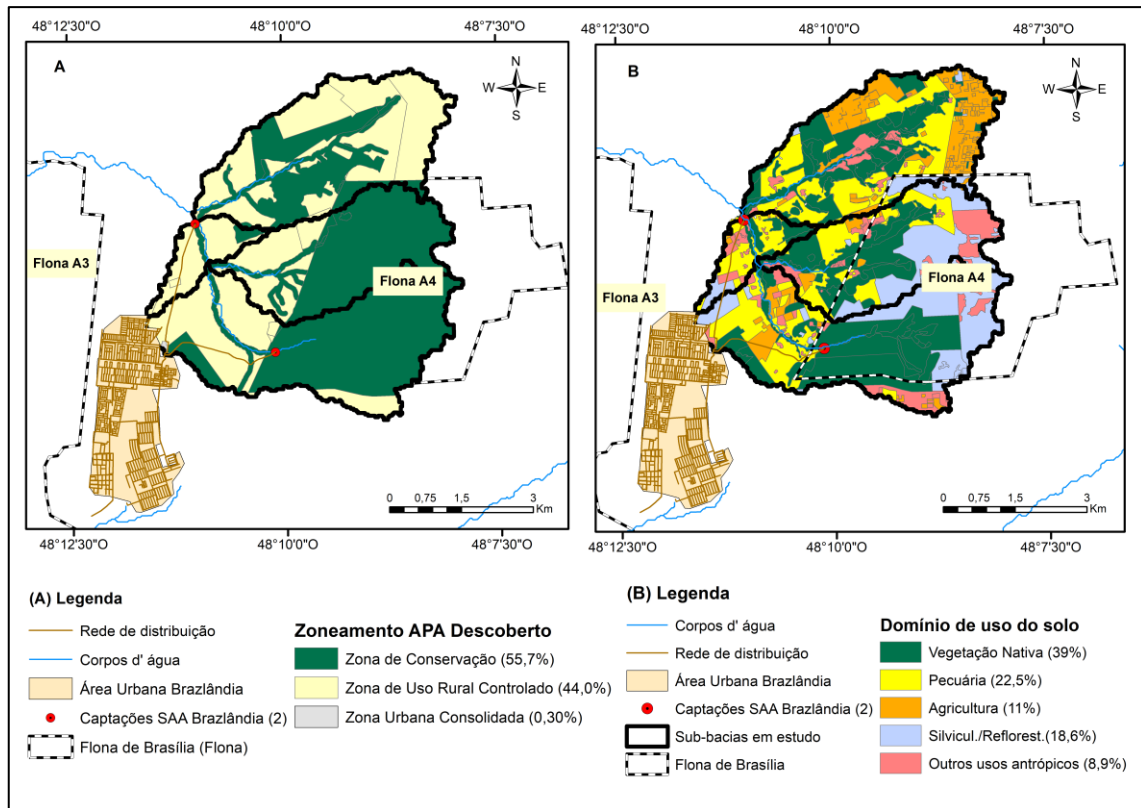


Figura 60 – Comparativo entre o zoneamento da APA Descoberto e o uso e ocupação do solo em 2017 na área de estudo.

A: Zoneamento da APA Descoberto para as bacias em estudo. B: Uso e ocupação do solo em 2017.

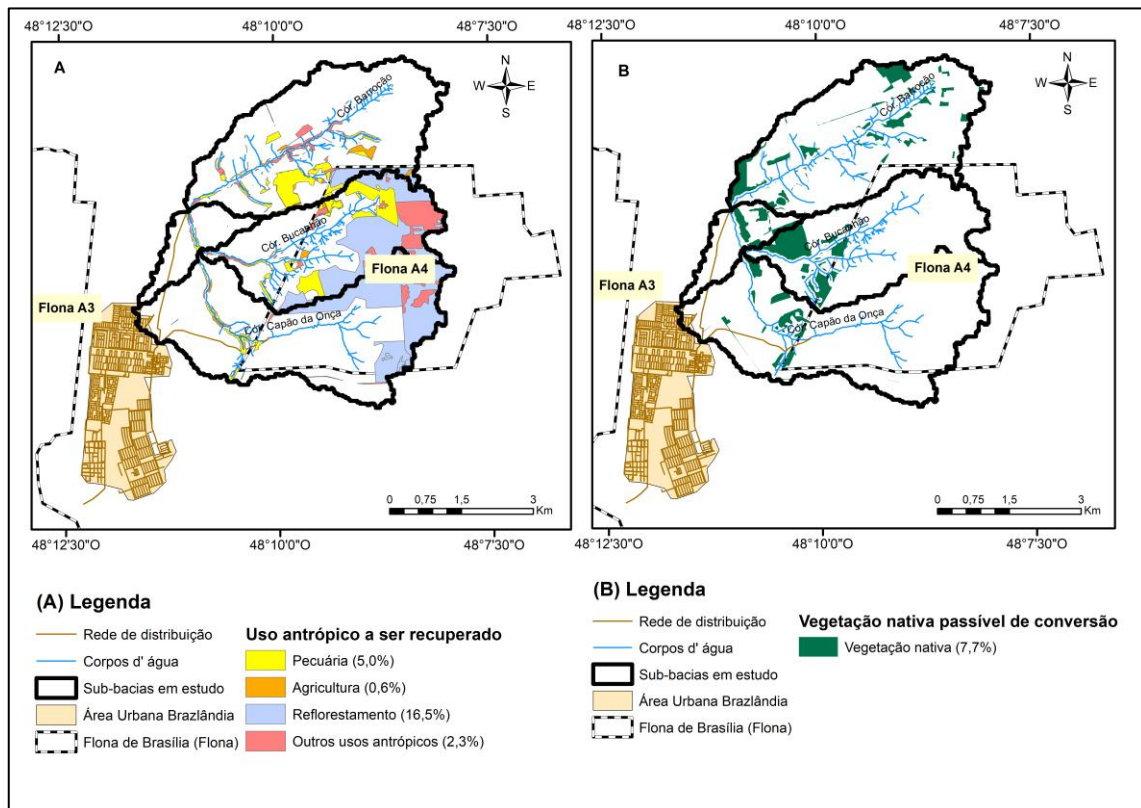


Figura 61 – Cruzamento dos dados de zoneamento da APA Descoberto na área de estudo e o uso e ocupação do solo em 2017

A: Uso antrópico a ser recuperado. B: Vegetação nativa passível de conversão em uso antrópico

Visando a identificação das áreas em uso antrópico a serem recuperadas, bem como áreas atualmente com vegetação nativa que podem ser convertidas em uso rural controlado, foi feito o cruzamento dos dados de zoneamento com o uso e ocupação do solo, conforme demonstra-se na **Figura 61**.

Em relação as áreas que necessitam ser recuperadas na área de estudo (33,6 km²) identificou-se um total de 8,1 Km² (24,4%), na seguinte proporção: Pecuária (5,0%; 1,66 km²), Agricultura (0,6%; 0,19 km²), Reflorestamento (16,5%; 5,5 km²) e Outros usos antrópicos (solo exposto) (2,3%; 0,76 km²). Já em relação as áreas com vegetação nativa passíveis de conversão em uso rural controlado, identificou-se um percentual de 7,7% (2,54 Km²).

Dessa forma, verifica-se que a maior parte da vegetação a ser recuperada refere-se a áreas de reflorestamento e solo exposto localizadas dentro do perímetro da Flona de Brasília, além de áreas ocupadas por pecuária. Por fim, destaca-se, a baixa quantidades de áreas de agricultura a serem recuperadas, conforme zoneamento estabelecido.

ii. Floresta Nacional (Flona) de Brasília

A Floresta Nacional (Flona) de Brasília⁹⁴ foi criada por meio de Decreto Presidencial em 10 de junho de 1999, possuindo área de 93,46 Km², tendo como objetivos, segundo o artigo 3º do Decreto de sua criação, promover o manejo de uso múltiplo e de forma sustentável dos recursos naturais renováveis, a manutenção e proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade do Cerrado, a recuperação de áreas degradadas, a educação florestal e ambiental, a manutenção de amostras do fragmento do ecossistema e o apoio ao desenvolvimento sustentável dos recursos naturais das áreas limítrofes (ICMBIO, 2016).

A área total da Flona de Brasília é subdividida em quatro glebas, separadas geograficamente, sendo denominadas Área 1 (33,53 Km²), Área 2 (9,96 Km²), Área 3 (30,71 Km²), e Área 4 (19,25 Km²), tendo seu Plano de Manejo aprovado em 2016.

Conforme observado na **Figura 59**, a Área 4 possui 65% (12,52 Km²) do seu território⁹⁵ localizado nas sub-bacias dos córregos Barroco (0,4 Km²), Capão da Onça (6,5 Km²) e Bucanhão

⁹⁴ A criação da Flona de Brasília ocorreu após a assinatura de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) entre a Companhia Imobiliária de Brasília (TERRACAP), a Fundação Zoobotânica do DF, o IBAMA-DF. Foram disponibilizadas áreas, em princípio públicas, que possuíam como cobertura florestal plantios das espécies pinus e eucaliptos, implantados a partir da década de 1970 e que necessitavam de manejo florestal, visando reconstituir o ecossistema natural (ICMBIO, 2016).

⁹⁵ A área 4 da Flona inserida na área de estudo (12,52 km²) representa 37% da área total em análise (33,6 km²).

(5,6 Km²), protegendo as nascentes destes dois últimos corpos hídricos. Essa área foi a última a ser reflorestada, já no início de 1980 e permaneceu sem ocupações até início dos anos 1990.

Segundo diagnóstico do Plano de Manejo da UC, antes do início do reflorestamento, a Área 4 da Flona de Brasília era composta de cerrado, havendo poucas ocupações e pertenciam a fazendas coloniais que foram desapropriadas com a construção de Brasília. Porém, foram identificadas, atualmente, áreas de pastagem⁹⁶ junto a nascente do córrego Bucanhão, bem como áreas de solo exposto, originadas, em parte, devido à incêndios florestais.

O zoneamento da Área 4 da Flona de Brasília estabeleceu cinco zonas principais para a UC, conforme descrito abaixo e representado na **Figura 62**.

- Zona primitiva, localiza-se próximas as nascentes dos córregos Capão da Onça e Bucanhão e destinam-se a proteção de áreas de nascentes, recarga de aquíferos e proteção dos recursos hídricos;
- Zona de manejo sustentável, abrangendo grande parte da Área 4 e objetiva promover a exploração dos plantios de pinus e eucalipto de forma a erradicar essas espécies da área, a geração de tecnologias e modelos de manejo florestal sustentável, incluindo a silvicultura com espécies preferencialmente nativas;
- Zona de recuperação: aquela que contém áreas consideravelmente antropizadas, devendo ser considerada como uma zona provisória, que, uma vez recuperada ou restaurada, será incorporada a uma das zonas permanentes. Refere-se a área localizada nas proximidades da DF-445, sendo área do cerrado em processo de regeneração natural.
- Zonas de uso conflitante: área cujos usos e finalidades estabelecidos antes da criação da unidade conflitam com os objetivos de conservação da Floresta Nacional, incluindo áreas ocupadas após a sua criação. Corresponde as áreas ocupadas por chácaras, as estradas vicinais e uma linha de transmissão de energia.
- Zona de uso especial: aquela que contém as áreas necessárias à administração, manutenção e serviços da Flona de Brasília. Refere-se a uma área localizada na porção noroeste desta área que abriga uma base que dá suporte as atividades de proteção da Área 4.

⁹⁶ O diagnóstico do Plano de Manejo da Flona Brasília identificou 07 chácaras, com um total de 29 moradores residentes na Área 4. As principais atividades desenvolvidas nessa área estão relacionadas com agricultura convencional e orgânica (2) e com a utilização de sistemas agroflorestais; horticultura (3); fruticultura (1); pecuária (2) e apicultura (1). Uma das propriedades possui atividades relacionadas ao turismo pedagógico e visitação. Quanto a criação de animais para subsistência, todos os entrevistados declararam possuir algum tipo de atividade, que se divide em criação de aves, gado, suínos e piscicultura (ICMBIO, 2016).

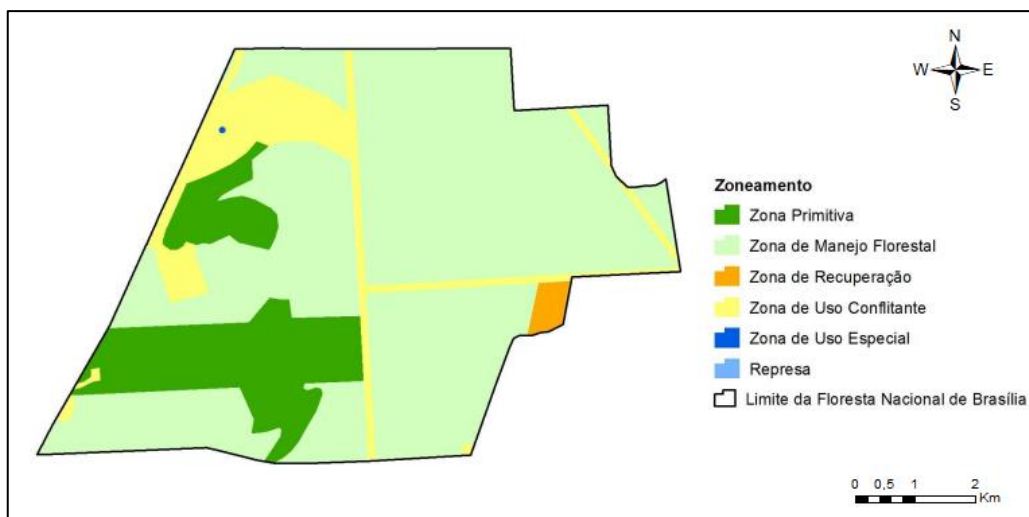


Figura 62 – Zonas de uso da Área 4 da Flona de Brasília
Fonte: ICMBIO (2016)

iii. Áreas de Proteção de Manancial (APMs)

As Áreas de Proteção de Manancial do Barroão e Capão da Onça foram criadas pelo Decreto Distrital n. 18.585/77 e tem como objetivo (i) garantir a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, tendo em vista o abastecimento público; (ii) promover o disciplinamento das atividades de uso e ocupação do solo no seu interior, visando a manutenção da qualidade e quantidade de água captada; (iii) assegurar a manutenção dos ecossistemas e a recuperação de áreas degradadas dentro dos polígonos de contribuições dessas captações.

A gestão, o monitoramento e a fiscalização das AMPs são responsabilidades do IBRAM, competindo a Caesb contribuir com essas ações por meio de vistorias de rotina e inspeção, repassando ao órgão ambiental o registro de ocorrência de atividade danosas aos mananciais de abastecimento.

c) **Área de Proteção Permanente (APP)**

As áreas de preservação permanente (APP de nascente e ripárias) totalizaram 2,94 Km², o que corresponde a 8,8% das áreas das sub-bacias de 33,6 Km². As áreas de APP de nascente corresponderam a 0,4% (0,13 Km²) e as áreas de APP fluviais a 8,4% (2,8 Km²).

Conforme demonstra-se na **Figura 63-A**, 75% da área de APP de nascentes⁹⁷ são compostas por vegetação nativa, sendo as demais áreas ocupadas por pecuária (19,6%) ou por outros usos antrópicos (solo exposto) (4,5%). As áreas de nascente ocupadas por usos antrópicos (25%) estão

⁹⁷ APP de nascente: as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (BRASIL, 2012).

localizadas nos córregos Bucanhão e Barrocão, sendo que as nascentes do córrego Capão da Onça estão totalmente preservadas.

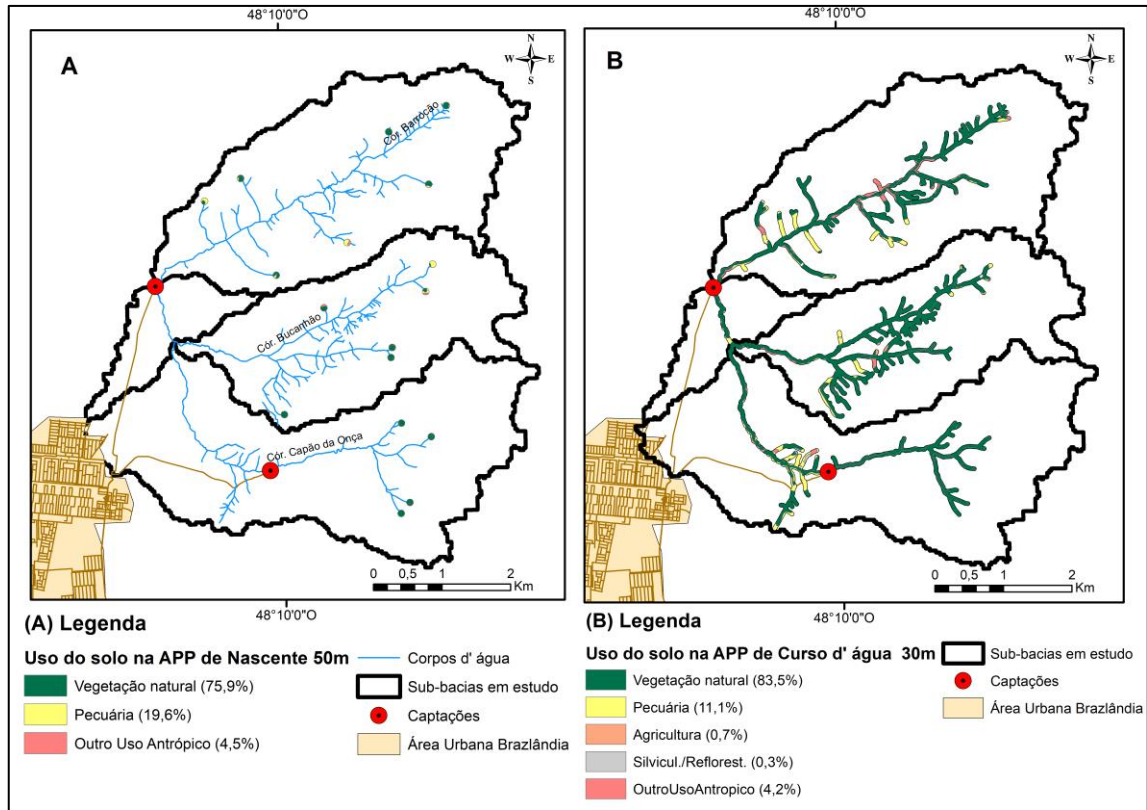


Figura 63 – Uso do solo nas de Áreas de Proteção Permanente (APP)

A: Uso do solo na APP de Nascente (50m). B: Uso do solo na APP de curso d'água (30m)

Em relação a área de APP fluvial⁹⁸ (curso d'água) foi verificada a seguinte proporção: vegetação natural (83,5%), pecuária (11,1%), agricultura (0,7%), silvicultura/reflorestamento (0,3%) e outros usos antrópicos (solo exposto) (4,2%) (**Figura 63-B**).

Verifica-se que as áreas de APPs fluviais ocupadas por usos antrópicos (16,5%) foram encontradas nos três córregos da área de estudo, com concentração a jusante da captação do Capão da Onça e a montante da captação do Barrocão, o que pode contribuir para a piora da qualidade da água deste último manancial, conforme abordado na análise do estressor “Poluentes ordinários”.

⁹⁸APP fluvial: as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura (BRASIL, 2012).

d) Avaliação de risco do estressor “Pressão sobre as condições ambientais”

i. Propriedade: Severidade

A partir das análises realizadas nos tópicos a), b) e c), verifica-se a seguinte situação em relação aos efeitos do estressor “Pressão sobre as condições ambientais”:

- A análise do uso e ocupação do solo apontou percentual de vegetação nativa/remanescente de 39% e, portanto, de 61% de usos antrópicos, destacando-se entre este último, o uso para pecuária (22,5%), seguido do uso para silvicultura/reflorestamento (18,6%) e agricultura (11%);
- A análise das unidades de conservação apontou que a área em estudo é completamente inserida na APA Descoberto e possui percentual de 65% na área 4 da Flona de Brasília, evidenciando a necessidade de ocupação do território de forma sustentável, porém sem exclusão dos atuais usos para pecuária e agricultura;
- O Zoneamento da APA Descoberto estabeleceu um percentual de 55,7% para a Zona de conservação e tendo em vista o percentual atual de vegetação nativa de 39%, verifica-se um déficit de 16,7% de áreas a serem recuperadas;
- Em relação as áreas que necessitam ser recuperadas na área de estudo (33,6 km²) identificou-se um total de 8,1 Km² (24,4%), na seguinte proporção: Pecuária (5,0%; 1,66 km²), Agricultura (0,6%; 0,19 km²), Reflorestamento (16,5%; 5,5 km²) e Outros usos antrópicos (solo exposto) (2,3%; 0,76 km²). Dessa forma, existe um saldo de 7,7% (2,54 Km²) de áreas com vegetação nativa passíveis de conversão em uso rural controlado, obtendo-se a seguinte equação: 55,7% = 39% + 24,4% - 7,7%.
- A análise das Áreas de Preservação Permanente apresentou percentual de 8,8% (2,94 Km²) em relação a área de estudo, composto de 0,4% (0,13 Km²) de APP de nascente e 8,4% (2,8 Km²) de APP fluvial. As áreas de APP de nascente, encontram-se 25% degradadas, verificando-se usos para pecuária (19,6%) e solo exposto (4,5%). Em relação as APP fluviais, o percentual de degradação é de 16,5%, destacando-se os usos para pecuária (11,1%), solo exposto (4,2%) e agricultura (0,7%) e silvicultura/reflorestamento (0,3%).

Tendo por base a análise efetuada acima e utilizando-se o percentual de cobertura vegetal (39%) como principal parâmetro de análise, associado as faixas de referência estabelecidas⁹⁹, avaliou-se o grau de severidade do estressor “Pressão sobre as condições ambientais” como “médio”.

⁹⁹ O grau de severidade para este estressor "Pressão sobre as condições ambientais" foi avaliado por meio das seguintes faixas: **baixo** – quando a área do território com vegetação nativa é maior ou igual a 55,7% (CVN ≥ 55,7 %), conforme estabelecido no Plano de Manejo da APA Descoberto (ICMBIO, 2014); **médio** - área do território com vegetal nativa maior ou igual 28,8% e menor que 55,7% (28,8% ≤ CVN < 55,7%), considerando esta faixa como intermediária entre o limite inferior e superior; **alto** - quando a área do território com vegetação nativa é menor que 28,8% (CVN < 28,8%), considerando-se como o mínimo de cobertura natural o somatório das áreas de preservação permanente e reserva legal para a área em estudo (IBRAM, 2014; MELO, 2016).

ii. Propriedade: ocorrência

A diminuição da vegetação nativa de 40,1% (2009) para 39% (2017) representa uma taxa média de conversão desta vegetação para usos antrópicos (TMCVN) de 0,2 pontos percentuais (p.p) ao ano (1,56% / 8 anos), enquanto que no mesmo período a TMCVN para o DF foi de 0,04 p.p ao ano, com cobertura vegetal nativa passando de 50,38% (2009) para 50,08% (2017), o que representa uma taxa média de conversão 5 vezes maior nas bacias em estudo em relação ao DF.

Dessa forma, tendo em vista o percentual da cobertura vegetal nativa na área de estudo (39%) inferior à do DF (50,08%), bem como inferior ao estabelecido no Plano de Manejo da APA Descoberto (55,7%) e a taxa média de conversão da vegetação nativa nas bacias em estudo (0,2 p.p/ano) acima da taxa registrada para o DF (0,04 p.p/ano) no mesmo período, o grau de ocorrência do estressor “Pressão sobre as condições ambientais” foi considerado “alto”, conforme faixas de referência estabelecidas.¹⁰⁰

iii. Aplicação da matriz de risco

Aplicando-se a matriz de determinação de risco, conforme abordado no item 5.6.2 (pg. 83), por meio do cruzamento dos graus das propriedades severidade (grau “médio”) e ocorrência (grau “alto”), tem-se risco para o estressor “Pressão sobre as condições ambientais” considerado “Inaceitável”.

Dessa forma, evidencia-se que os efeitos adversos desse estressor podem impactar o SAA Brazlândia, em especial, na qualidade da água dos mananciais, e que ações devem ser tomadas para mitigar esse risco, por meio de intervenções na bacia, intensificação das ações de monitoramento da qualidade da água e/ou melhoria da tecnologia de tratamento do sistema. As ações em andamento são abordadas no tópico 6.3 deste estudo.

¹⁰⁰ A propriedade “ocorrência” do estressor foi avaliada tendo por base a taxa média de conversão da cobertura vegetal natural observada para o DF no período de 2009 – 2017 e graduada conforme faixas abaixo: **baixo**: taxa média de perda da cobertura vegetal natural igual a zero (TMCVN = 0); **médio**: taxa média de perda da cobertura vegetal natural menor ou igual 0,04 p.p ao ano (TMCVN ≤ 0,04 p.p/ano); **alto**: taxa média de perda da cobertura vegetal natural maior que 0,04 ao ano (TMCVN > 0,04 p.p/ano) (NEVES et. al., 2016; CODEPLAN, 2019).

6.2 Análise das vulnerabilidades do SAA Brazlândia

6.2.1 U1 - Unidade de captação

a) Tipo de captação

As unidades de captação do SAA Brazlândia correspondem as captações superficiais nos córregos Barroco (CAP.BRC.001) e Capão da Onça (CAP.CON.001). O transporte da água bruta da captação do Barroco até a estação de tratamento de água (ETA Brazlândia) é feito por meio da estação elevatória de água bruta (EAB.BRC.001). Devido à posição altimétrica a captação Capão da Onça dispensa o bombeamento, sendo a água conduzida até a ETA Brazlândia por gravidade.

As captações compostas por barragens de nível de água devem ser utilizadas quando os cursos de água possuem vazão mínima utilizável superior a vazão de captação, porém necessitem da elevação do nível de água cuja finalidade única é dotar o manancial do nível de água mínimo necessário a operação do sistema, seja por adução ou por gravidade (HÉLLER; PÁDUA, 2016).

Ambas as captações do SAA Brazlândia são formadas por barragens de nível de água, ou seja, não possuem barragens de acumulação que permita o armazenamento de água durante o período chuvoso para utilização no período de estiagem, o que aumenta a sensibilidade do sistema aos efeitos adversos de “Escassez crônica” e “Escassez aguda”.

b) Vazão do manancial x vazão mínima operacional

Na **Tabela 13** mostra-se a relação entre a vazão média do manancial do Barroco e a vazão mínima operacional de 70 L/s, abaixo do qual não é possível realizar o bombeamento de água para a ETA Brazlândia.

Verificou-se no período entre 2005 a 2019 (últimos 15 anos), que as vazões médias desse manancial se aproximaram do limite operacional, especialmente no período de estiagem dos anos de 2016 a 2017, com valores de vazões médias menores que o limite operacional nos meses de ago/2016 (0,65); set/2017 (0,91) e out/2017 (0,99).

Tabela 13 – Relação vazão média do manancial e limite operacional cap. Barrocão (2005-2019)

Ano/Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2005	16,34	8,16	33,06	15,40	8,34	7,29	4,59	4,44	4,26	3,03	3,23	10,97
2006	9,41	6,80	10,11	12,34	13,74	6,71	5,31	3,99	3,56	5,63	4,83	7,09
2007	13,01	15,16	14,30	10,04	5,84	4,94	3,74	3,10	2,91	3,73	2,61	4,86
2008	5,70	7,89	16,89	8,93	5,27	4,49	3,60	2,47	2,44	2,10	3,64	5,40
2009	16,59	11,16	7,67	12,26	9,64	5,91	4,79	4,87	5,24	4,41	5,42	11,84
2010	8,63	5,92	6,35	5,97	4,79	2,87	2,54	1,85	1,33	2,46	4,78	8,03
2011	13,82	8,13	10,72	7,34	4,91	3,79	2,09	1,76	1,34	4,82	3,70	9,84
2012	16,09	14,51	10,17	9,06	7,85	5,16	4,43	3,49	2,03	2,33	6,56	8,04
2013	12,44	8,84	35,19	10,33	6,43	5,13	3,59	2,97	1,74	2,01	4,27	32,17
2014	8,20	7,62	12,21	11,25	7,49	4,70	3,56	2,80	2,04	2,74	2,94	4,98
2015	2,12	5,91	12,52	8,53	6,56	3,99	2,86	2,85	1,94	1,50	1,96	3,99
2016	2,48	9,21	20,90	3,71	3,11	1,89	1,35	0,65	1,12	1,22	1,33	2,01
2017	1,60	2,25	3,11	5,49	2,45	1,75	1,43	1,15	0,91	0,99	1,10	2,47
2018	7,15	12,61	4,99	6,13	4,31	3,40	1,82	1,42	1,41	1,74	3,27	12,46
2019	5,77	4,21	4,62	8,90	7,29	4,63	3,64	1,93	1,46	1,14	2,39	3,14

Legenda: Valores de referência: bom: $Q_m/LO > 2$; mediano: $1,2 \leq Q_m/LO \leq 2$; ruim: $Q_m/LO < 1,2$

Nota: Limite operacional da captação do Barrocão de 70 L/s, sendo que vazões abaixo deste valor não podem se aduzidas por estarem abaixo do nível da tomada d'água. Quanto menor o valor da relação entre a vazão do manancial e o limite operacional, maior a vulnerabilidade da unidade de captação.

A mesma análise para o manancial do Capão da Onça (**Tabela 14**) mostrou cenário semelhante com as vazões do manancial se aproximando ou alcançando o limite operacional (25 L/s) nos anos de 2016 a 2017, com destaque para os meses críticos de set/2017 (1,12) e out/2017 (1,2).

Tabela 14 – Relação Vazão média do manancial e limite operacional cap. Capão da Onça (2005-2019)

Ano/Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2005	8,20	4,76	12,08	10,80	4,64	3,96	2,84	2,76	2,48	2,08	2,00	6,52
2006	5,04	3,72	4,64	6,64	7,68	4,48	2,60	2,84	2,20	4,16	13,28	5,60
2007	7,84	8,28	7,20	6,36	4,00	3,44	2,92	2,60	1,80	3,44	1,60	4,92
2008	5,48	5,52	11,36	6,28	4,00	3,84	2,76	2,16	2,00	1,48	2,84	3,72
2009	8,88	5,96	5,48	6,60	6,08	4,12	3,80	3,36	4,04	2,88	3,72	6,81
2010	5,46	4,18	4,51	5,15	3,70	2,51	2,19	1,76	1,76	2,45	3,90	5,16
2011	8,24	5,07	6,15	4,92	3,81	3,20	2,33	2,06	1,74	4,90	2,66	6,51
2012	10,77	8,44	6,12	5,66	5,06	3,98	3,64	3,14	2,48	2,38	5,41	5,45
2013	8,44	6,02	7,60	6,74	4,84	4,22	3,32	2,75	2,61	1,93	3,72	16,21
2014	6,43	5,96	17,56	7,68	5,23	3,80	3,59	3,06	2,58	3,66	3,32	4,43
2015	2,83	4,48	9,29	6,40	5,03	3,94	3,25	2,56	2,56	1,82	1,92	4,12
2016	3,02	5,48	4,34	2,58	2,50	1,96	1,74	1,67	1,41	1,30	1,80	1,87
2017	1,92	2,87	2,77	4,31	2,98	1,96	1,79	1,85	1,12	1,20	1,28	2,12
2018	4,25	7,05	3,89	4,46	3,23	2,59	1,46	1,32	1,80	2,14	2,62	11,13
2019	4,50	3,34	3,80	5,75	4,70	3,87	3,00	1,52	1,76	1,88	4,06	3,24

Legenda: Valores de referência: bom: $Q_m/LO > 2$; mediano: $1,6 \leq Q_m/LO \leq 2$; ruim: $Q_m/LO < 1,6$

Nota: Limite operacional da captação do Capão da Onça de 25 L/s, sendo que vazões abaixo deste valor não podem se aduzidas por estarem abaixo do nível da tomada d'água. Quanto menor o valor da relação entre a vazão do manancial e o limite operacional, maior a vulnerabilidade da unidade de captação.

c) Interrupções por falta de água

Na **Figura 64** relacionam-se as interrupções diárias ocorridas no SAA Brazlândia por motivo de indisponibilidade hídrica no período entre 2015 e 2019. Constatou-se um total de 65 interrupções com a seguinte frequência decrescente: 30 em set-2017; 15 em out-2017; 13 em set/2016 e 7 em out/2015. Não foram verificadas paralisações por indisponibilidade hídrica nos anos de 2018 e 2019.

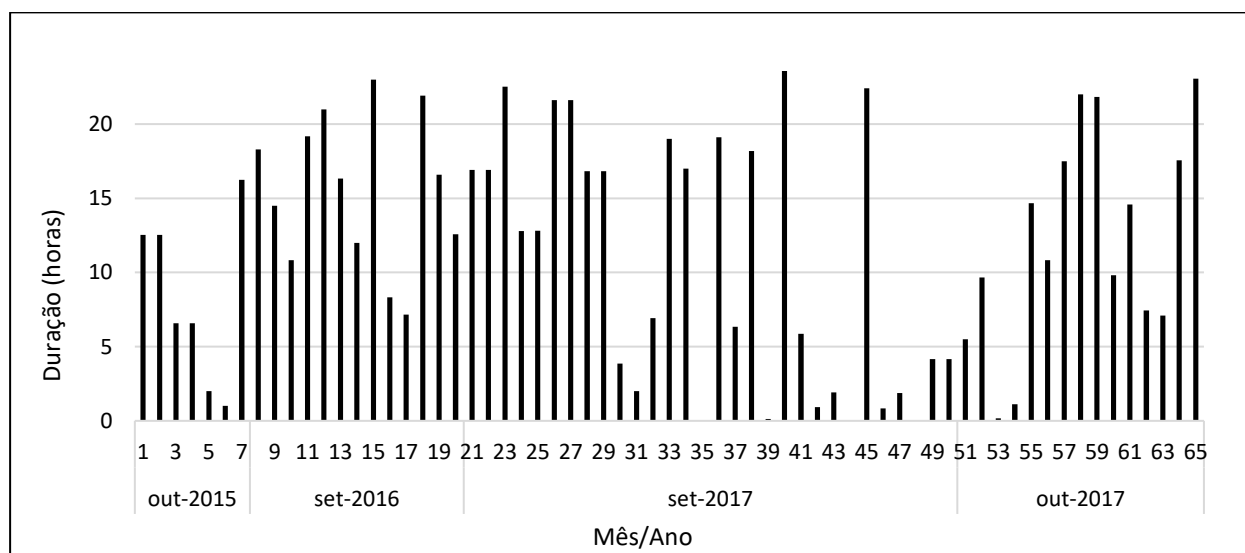


Figura 64 – Histórico de interrupções por indisponibilidade hídrica do SAA Brazlândia entre jan/2015 e dez/2019.

Em relação a duração média de interrupções, esta foi maior em set/2016 (15,5 horas), seguida dos períodos de out/2017 (12,2 horas), set/2017 (10,6 horas) e out/2015 (8,2 horas). Em média, as interrupções afetaram um total de 14.058 habitantes, o que representa 29% da população atendida pelo SAA Brazlândia (48.455 habitantes).

Na **Figura 65** demonstra-se comparativo do Índice de continuidade do serviço de água (I_{csa}) em Brazlândia e no DF entre 2015 e 2019. Constatou-se que os valores do I_{csa} para o SAA Brazlândia variaram entre o valor mínimo de 98,4% (2017) e máximo de 100% (2018 e 2019), permanecendo acima dos valores registrados para o DF, o que demonstra que o SAA Brazlândia foi menos impactado por paralisações por indisponibilidade hídrica nesse período.

A aplicação dos valores de referência¹⁰¹ definidos pela Adasa permite concluir que para os anos de 2015 e 2016 os resultados do I_{csa} do SAA Brazlândia foram considerados “Bom”, estando na faixa de [99; 99,9], “mediano” para o ano de 2017, na faixa de [95; 99[e “Excelente” nos anos de 2018 e 2019, na faixa de [99,9; 100].

¹⁰¹ Valores de referência do I_{csa} (%): Excelente [99,9;100]; Bom: [99; 99,9[; Mediano: [95; 99[; Ruim: [0; 95[(ADASA, 2018a).

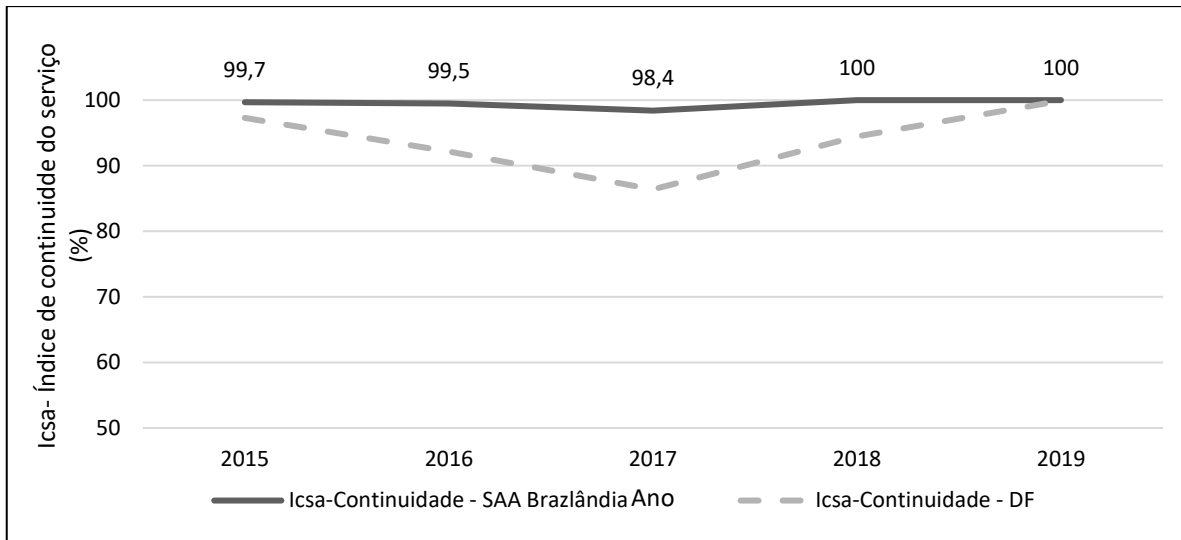


Figura 65 – Índice de continuidade do serviço de água em Brazlândia e no DF entre 2015 e 2019

d) Avaliação da vulnerabilidade da U1 – Unidade de captação

i. Escassez crônica

O grau da propriedade “sensibilidade” da Unidade de captação (U1) do SAA Brazlândia ao efeito adverso de escassez crônica causado pelo estressor Demanda por água foi avaliada como “alto”, tendo em vista que:

- ambas as captações são formadas por barragens de regularização de nível de água, ou seja, não possuem barragens de acumulação que permita o armazenamento de água durante o período chuvoso para utilização no período de estiagem;
- a relação da vazão média mensal do manancial/vazão mínima operacional (Q_m/LO) apresentou valores próximos aos limites operacionais de ambos os mananciais nos últimos anos (valores menores ou próximos a 1,2 para o Barroirão e 1,6 para o Capão da Onça), especialmente, no período de estiagem, o que aumenta a sensibilidade do sistema, não somente a demanda para uso agrícola na bacia, mas também ao crescimento da demanda existente na área urbana (demanda de 97 L/s em 2017, 110 L/s em 2018 e de 121 L/s em 2019).

O grau da propriedade “exposição¹⁰²” do SAA Brazlândia ao efeito adverso de escassez crônica foi avaliado como a “alto”, tendo em vista que esta propriedade está diretamente

¹⁰² O grau da propriedade exposição foi avaliado por meio das seguintes faixas: baixo, se o risco é “Aceitável”; médio se o risco é “Tolerável”; alto, se o risco é “Inaceitável”.

relacionada ao risco associado à ocorrência do estressor “Demanda por água” que teve avaliação “Inaceitável¹⁰³”.

Aplicando-se a matriz de avaliação da vulnerabilidade, conforme abordado no item 5.6.2 (pg.94), por meio do cruzamento dos graus das propriedades sensibilidade (grau “alto”) e exposição (grau “alto”), tem-se a vulnerabilidade da Unidade de captação (U1) ao efeito adverso de escassez crônica considerada “alta” para o ano de 2019.

i. Escassez aguda

O grau da propriedade “sensibilidade” da Unidade de captação (U1) do SAA Brazlândia ao efeito adverso de escassez aguda foi avaliado como “alto”, tendo em vista:

- as constantes paralisações do subsistema de captação em decorrência de indisponibilidade hídrica, totalizando 65 interrupções, no período entre 2015 e 2017, em especial durante os meses de estiagem de 2016 (13) e 2017 (45), no qual foi declarado o estado de escassez hídrica no DF.
- o indicador I_{csa} apresentou valor de 98,4% em 2017, sendo considerado “mediano”, na faixa de [95; 99[, ou seja, durante o período de escassez aguda provocado pelo estressor “Estiagem/Seca”.

O grau da propriedade “exposição¹⁰⁴” do SAA Brazlândia ao efeito adverso de escassez aguda foi avaliado como a “alto”, tendo em vista que esta propriedade está diretamente relacionada ao risco associado a ocorrência do estressor “Estiagem/Seca” que teve avaliação considerada “Inaceitável¹⁰⁵”.

Aplicando-se a matriz de avaliação da vulnerabilidade, conforme abordado no item 5.6.2 (pg.94), por meio do cruzamento dos graus das propriedades sensibilidade (grau “alto”) e exposição (grau “alto”), tem-se a vulnerabilidade da Unidade de captação (U1) ao efeito adverso de escassez aguda provocado pela ação do estressor “Estiagem/Seca” considerada “alta” para o ano de 2019.

¹⁰³ Avaliação de risco deste estressor consta no item 6.1.1.

¹⁰⁴ O grau da propriedade exposição foi avaliado por meio das seguintes faixas: baixo, se o risco é “Aceitável”; médio se o risco é “Tolerável”; alto, se o risco é “Inaceitável”.

¹⁰⁵ Avaliação de risco deste estressor consta no item 6.1.2.

6.2.2 U2 - Unidade de tratamento

a) Tecnologia de tratamento de água

Conforme abordado na avaliação do estressor “Poluentes ordinários” (item 6.1.3), o Índice de qualidade da água (IQA) para o córrego Barroirão no ano de 2019 resultou em valores variando entre 63 (Médio) e 71 (Bom), enquanto o córrego Capão da Onça valores entre 76 (Bom) e 78 (Bom). Para o ano em análise, não foram observados resultados nas classes “Excelente”, “Ruim” ou “Péssimo”.

Verificou-se, portanto, que o córrego Capão da Onça apresentou melhor qualidade da água bruta em relação ao córrego Barroirão. Destaca-se, ainda, que 60% (57 L/s) da vazão média captada para abastecimento no SAA Brazlândia em 2019 (96 L/s) foi retirada do córrego Capão da Onça, o que representa o uso de água de melhor qualidade disponível na bacia¹⁰⁶.

Não obstante este fato, é preciso destacar que a tecnologia de tratamento da ETA Brazlândia deve ser suficiente para tratamento da água do manancial que apresentar pior qualidade, o que ocorreu no córrego Barroirão, com valores de IQA na classe “médio” em 5 dos 6 meses analisados.

Conforme classes de referência do IQA¹⁰⁷, a tecnologia atualmente empregada do tipo convencional é adequada para tratamento da água bruta que apresente resultados de IQA de valores entre 50 a 100, ou seja nas classes de “médio” a “excelente”, o que ocorreu durante o ano de 2019 para ambos os mananciais.

b) Qualidade da água tratada

Na **Tabela 15** apresenta-se a quantidade de análises da qualidade da água tratada realizadas no SAA Brazlândia relativas aos parâmetros selecionados neste estudo. Foram realizadas o total de 27.270 análises no período entre os anos de 2013 a 2019, com a seguinte distribuição entre os parâmetros: Coliformes totais - Coli Total (5.980); Escherichia coli - E. Coli (5.980); Cor aparente - Cor (3.237), Cloro Residual Livre - CRL (6.035) e Turbidez - TBZ (6.038).

¹⁰⁶ A Resolução n. 02/2014 do Conselho Distrital de Recursos Hídricos aprovou o enquadramento dos corpos de água superficiais do Distrito Federal em classes. De acordo com o Anexo I da citada Resolução, os trechos dos córregos Barroirão e Capão da Onça a montante dos pontos de captação da Caesb foram enquadrados, respectivamente, nas classes 2 e 1.

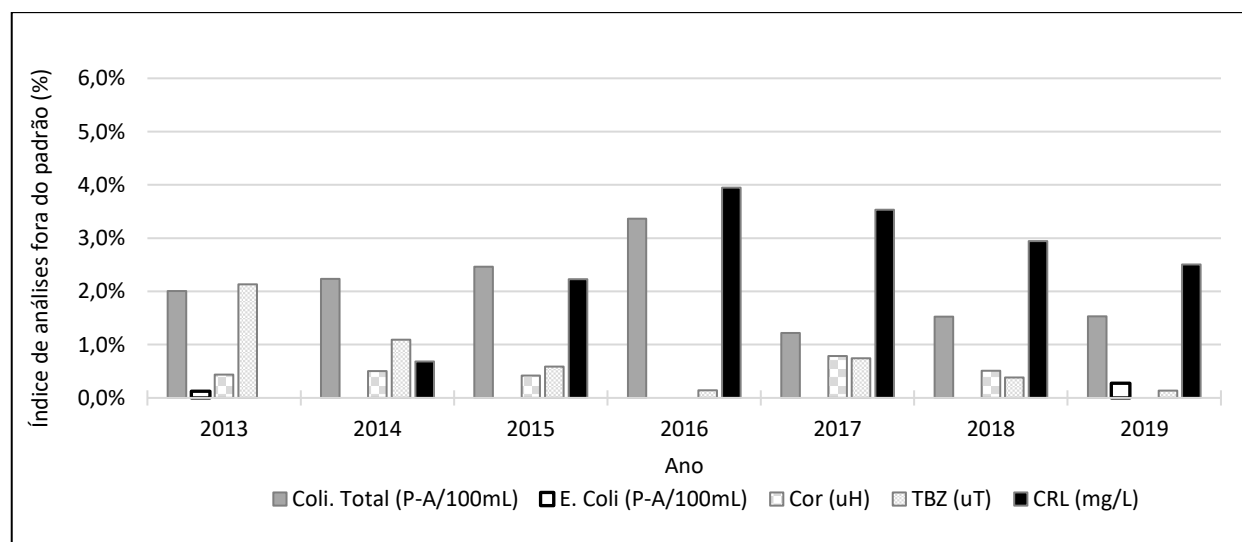
¹⁰⁷ Quando o IQA apresenta valores entre 50 e 100 a água bruta está apropriada ao tratamento convencional, visando o abastecimento público. As faixas de IQA menores ou iguais a 50 exigem tratamentos avançados da água, tais como ultrafiltração (CAESB, 2014).

Tabela 15 – Quantidade de análises de qualidade da água por parâmetro do SAA Brazlândia

Ano/ Parâmetro	Coli. Total (P-A/100mL)	E. Coli (P-A/100mL)	Cor (uH)	TBZ (uT)	CRL (mg/L)	Total
2013	797	797	457	797	797	3.645
2014	671	671	397	731	730	3.200
2015	852	852	473	852	852	3.881
2016	684	684	382	684	684	3.118
2017	1.473	1.473	761	1.473	1.473	6.653
2018	785	785	393	783	781	3.527
2019	718	718	374	718	718	3.246
Total Geral	5.980	5.980	3.237	6.038	6.035	27.270

Na **Figura 66** mostra-se o Índice de análises fora do padrão da qualidade da água tratada (I_{qat}) para cada parâmetro em análise. Constatou-se maiores valores de I_{qat} para os parâmetros Cloro Residual Livre – CRL (3,9%, ou seja, 27 amostras não conformes de 684 análises) e coliformes totais - Coli Total (3,4%, ou seja, 23 amostras não conformes de 684 análises) em 2016.

Para o ano de 2019, os parâmetros analisados apresentaram valores de I_{qat} inferiores a 3%, com piores resultados também para os parâmetros Cloro Residual Livre – CRL (2,5%; 18 amostras não conformes de 700 análises) e coliformes totais - Coli Total (1,5%; 11 amostras não conformes de 718 análises).

**Figura 66** – Índice de análises fora do padrão da água tratada por parâmetro do SAA Brazlândia

Legenda: E. Coli - Escherichia coli; Coli Total - coliformes totais; CRL – cloro residual livre; Cor - cor verdadeira; TBZ – turbidez.

Na **Figura 67** demonstra-se I_{qat} do SAA Brazlândia e a comparativo com os valores obtidos para os demais sistemas do DF. Constatou-se que os valores do I_{qat} para o SAA Brazlândia variaram entre o valor mínimo de 0,9% (2014) e máximo de 1,6% (2016)¹⁰⁸, permanecendo abaixo

¹⁰⁸ Em 2014 foram encontradas 30 análises não conformes de um total de 3.200 análises, enquanto em 2016 foram realizadas 3.118 análises com 51 análises foram do padrão. O resultado do período de 2013-2019 foi de 27.270 análises com um percentual de 1,2% fora do padrão (323 análises) estabelecido pela Portaria MS n. 05/2017.

ou igual aos valores deste índice para o Distrito Federal, com exceção do ano de 2013 no qual o valor obtido (1,0%) foi 0,1 ponto percentual acima do valor obtido para o DF (0,9%).

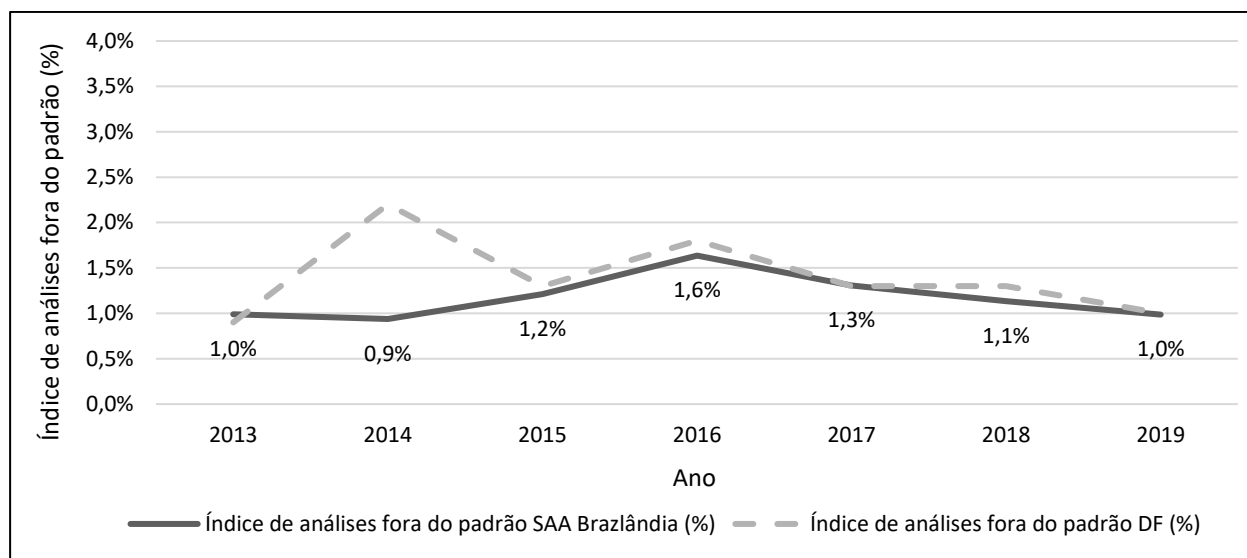


Figura 67 – Índice de análises fora do padrão da água tratada do SAA Brazlândia e do DF

Legenda: E. Coli - Escherichia coli; Coli Total - coliformes totais; CRL – cloro residual livre; Cor - cor verdadeira; TBZ – turbidez.

A aplicação dos valores de referência¹⁰⁹ definidos pela Adasa permitem concluir que para o ano de 2019 o I_{qat} do SAA Brazlândia de 1,0% pode ser considerado como “excelente”, estando na faixa de [0; 1], sendo o mesmo resultado obtido para todo o DF.

c) Avaliação da vulnerabilidade da U2 – Unidade de tratamento

i. Poluição crônica

O grau da propriedade “sensibilidade” da Unidade de tratamento (U2) do SAA Brazlândia aos efeitos adversos de poluição crônica causado pelos estressores “Poluentes Ordinários” e “Pressão sobre as condições ambientais” foi avaliado como “baixo”, tendo em vista que:

- a tecnologia de tratamento da ETA Brazlândia, do tipo convencional, está adequada a qualidade da água apresentada pelos mananciais, sendo que o Índice de qualidade da água (IQA) para o córrego Barroco no ano de 2019 resultou em valores variando entre 63 (médio) e 71 (bom), enquanto o córrego Capão da Onça resultou em valores entre 76 (bom) e 78 (bom). A atual tecnologia é adequada para tratamento da água bruta que apresente resultados de IQA de valores entre 50 a 100, ou seja nas classes de “médio” a “excelente”, o que ocorreu em 2019 para ambos os mananciais.

¹⁰⁹ Valores de referência do I_{qad} (%): Excelente [0; 1]; Bom:]1; 5]; Mediano:]5; 15]; Ruim:]15; 100] (ADASA, 2018a).

- o índice de análises fora do padrão da qualidade da água tratada (I_{qat}) do SAA Brazlândia foi 1,0% em 2019, na faixa considerada como “excelente” pela agência reguladora, o que significa que o sistema é capaz de entregar água com a qualidade adequada aos consumidores.

O grau da propriedade “exposição¹¹⁰” da Unidade de tratamento (U2) do SAA Brazlândia aos efeitos adversos de poluição crônica foi avaliado como a “médio” para o estressor “Poluentes ordinários”, tendo em vista que esta propriedade está diretamente relacionada ao risco associado à ocorrência desse estressor que teve avaliação de risco “tolerável¹¹¹”. Porém para o estressor “Pressão sobre as condições ambientais”, o grau de exposição foi considerado “alto”, tendo em vista que o risco para este estressor foi considerado “Inaceitável”.

Aplicando-se a matriz de avaliação da vulnerabilidade para o estressor “Poluentes ordinários”, conforme abordado no item 5.6.2 (pg.94), por meio do cruzamento dos graus das propriedades sensibilidade (grau “baixo”) e exposição (grau “médio”), tem-se a vulnerabilidade da Unidade de tratamento (U2) ao efeito adverso de poluição crônica considerada “baixa” para o ano de 2019.

Aplicando-se a matriz para o estressor “Pressão sobre as condições ambientais” por meio do cruzamento dos graus das propriedades sensibilidade (grau “baixo”) e exposição (grau “alto”), tem-se a vulnerabilidade da Unidade de tratamento (U2) ao efeito adverso de poluição crônica considerada “média” para o ano de 2019.

Portanto, a vulnerabilidade da unidade de tratamento aos efeitos adversos de poluição crônica foi avaliada como “baixa” para o estressor “Poluentes ordinários”, devido a adequada tecnologia de tratamento e ao atendimento aos padrões de qualidade a água. Porém, a vulnerabilidade foi avaliada como média para o estressor “Pressão sobre as condições ambientais”, evidenciando que a alta exposição aos poluentes ordinários em decorrência das condições de uso e ocupação do solo pode impactar a segurança dessa unidade a médio e longo prazo, caso medidas não sejam tomadas.

¹¹⁰ O grau da propriedade exposição foi avaliado por meio das seguintes faixas: baixo, se o risco é “Aceitável”; médio se o risco é “Tolerável”; alto, se o risco é “Inaceitável”.

¹¹¹ A avaliação de risco deste estressor consta no item 6.2.3.

ii. Poluição acidental

O grau da propriedade “sensibilidade” da Unidade de tratamento (U2) do SAA Brazlândia ao efeito adverso de poluição acidental causado pelo estressor “Poluentes acidentais” foi avaliada como “média”, tendo em vista que:

- o sistema é composto por duas captações superficiais independentes, o que traz resiliência ao sistema tendo em vista que, caso ocorra poluição acidental em um dos mananciais, o outro poderá ser utilizado de forma independente, embora de forma insuficiente ao atendimento de toda a demanda urbana.
- o sistema possui duas captações subterrâneas, implementadas durante a crise hídrica de 2016-2018, que podem ser utilizadas como fonte alternativa em caso de contaminação de um dos mananciais, porém a disponibilidade hídrica subterrânea instalada é baixa de apenas 7,1 L/s.

O grau da propriedade “exposição¹¹²” da Unidade de tratamento (U2) do SAA Brazlândia ao efeito adverso de poluição acidental foi avaliado como “baixo”, tendo em vista que esta propriedade está diretamente relacionada ao risco associado à ocorrência do estressor “Poluentes acidentais” que teve avaliação de risco “aceitável¹¹³”.

Aplicando-se a matriz de avaliação da vulnerabilidade, conforme abordado no item 5.6.2 (pg.94), por meio do cruzamento dos graus das propriedades sensibilidade (grau “médio”) e exposição (grau “baixo”), tem-se a vulnerabilidade da unidade de tratamento (U2) ao efeito adverso de poluição acidental considerada “baixa” para o ano de 2019.

6.2.3 U3 - Unidade de distribuição

a) Unidades de consumo

Na **Figura 68** mostra-se a evolução das unidades de consumo (usuários urbanos de água) do SAA Brazlândia ao longo dos últimos 15 (quinze) anos, de forma anual e acumulada.

¹¹² O grau da propriedade exposição foi avaliado por meio das seguintes faixas: baixo, se o risco é “Aceitável”; médio se o risco é “Tolerável”; alto, se o risco é “Inaceitável”.

¹¹³ A avaliação de risco deste estressores consta no item 6.2.3.

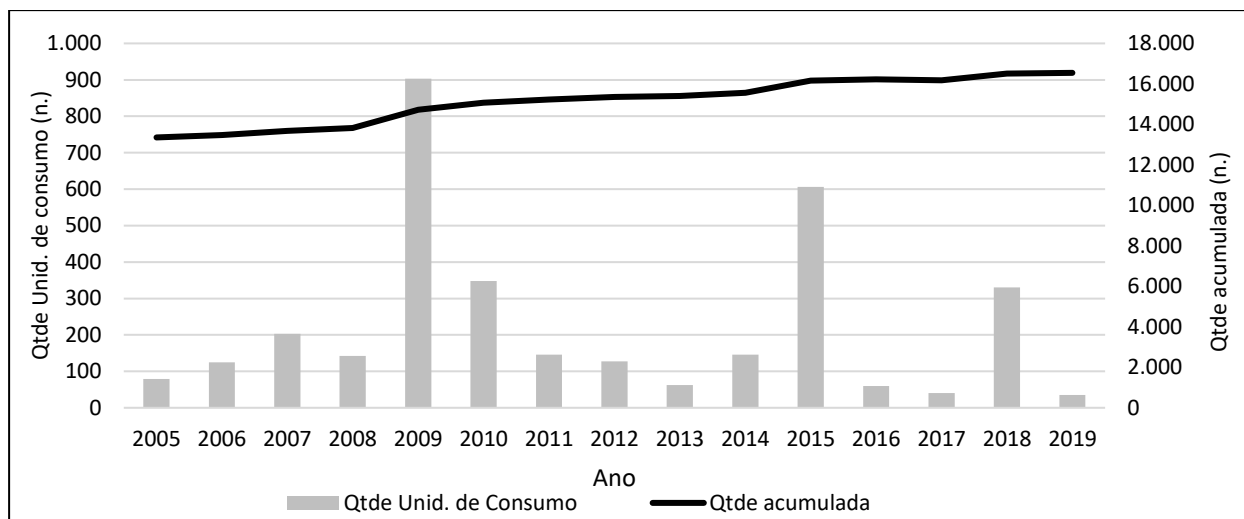


Figura 68 – Evolução das unidades de consumo do SAA Brazlândia entre 2005 e 2019

Verificou-se tendência de crescimento acentuada nos anos de 2009 (903 unidades) e 2015 (606 unidades), seguida de uma tendência de crescimento menos acentuada após o ano de 2016. Em 2005, o sistema possuía 13.354 unidades de consumo, passando a 16.545 em 2019, com incremento de 19,2% (3.191 unidades) nesse período.

b) Consumo per capita

Conforme dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS), o índice de consumo per capita para o Brasil em 2018 (último dado disponível) foi de 154,9 L/hab.dia, com queda de -7,2% em relação à 2013 (167 L/hab.dia) (SNIS, 2018).

Em relação ao consumo per capita no SAA Brazlândia, verificou-se queda de -13,3% no período de 2013 a 2019, passando de 135 L/hab.dia (2013) para 117 L/hab.dia (2019). A tendência de queda também foi observada no Distrito Federal, no qual o consumo caiu de 165 L/hab.dia (2013) para 140 L/hab.dia (2019), uma variação de -15,1% (**Figura 69**).

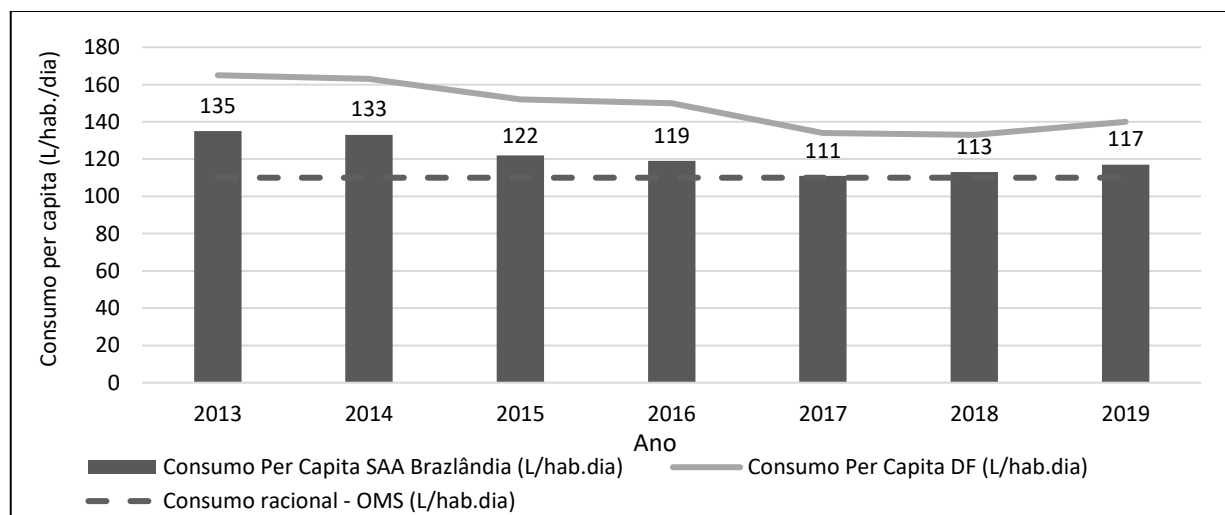


Figura 69 – Consumo per capita do SAA Brazlândia, do Distrito Federal e consumo racional (OMS)

Verificou-se, dessa forma, que o consumo per capita do SAA Brazlândia no ano de 2019 (117 L/hab.dia) apresentou valores abaixo dos consumos nacional (154,9 L/hab.dia) e distrital (140 L/hab.dia), porém, ainda, acima do consumo racional recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2003¹¹⁴) de 110 L/hab.dia para atendimento as necessidades de consumo e higiene.

Destaca-se ainda que a queda verificada nos anos de 2017 e 2018 pode ter sido influenciada pelas medidas de racionamento adotada, incluindo o rodízio no fornecimento de água, sendo que no ano de 2019, sem as medidas, o consumo apresentou tendência de elevação.

c) Perdas de água na distribuição

Na **Figura 70** apresentam-se as vazões consumidas e perdidas na distribuição do SAA Brazlândia no período de 2013 a 2019, sendo que o somatório dessas vazões corresponde as vazões captadas para abastecimento urbano nos córregos Barrocão e Capão da Onça.

Observou-se uma tendência de queda nas vazões captadas em decorrência de diminuição em ambas as vazões consumidas e perdidas após o ano de 2014. A diminuição das vazões perdidas entre os anos de 2014 (47,70 L/s) a 2019 (34,59 L/s) foi de 13,11 L/s. Para este período, a diminuição das vazões consumidas foi de 5,79 L/s, passando de 65,58 L/s em 2014 para 59,79 L/s em 2019. As vazões captadas passaram de 113,2 L/s (2014) para 94,3 L/s (2019), com redução de 18,9 L/s.

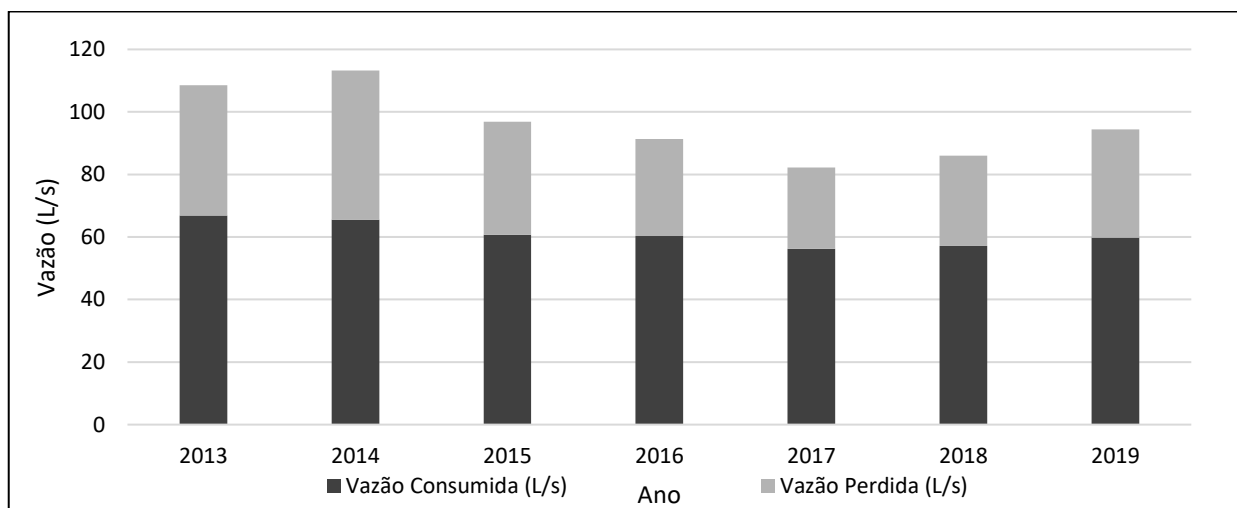


Figura 70 – Vazão consumida e vazão perdida no SAA Brazlândia

No ano de 2019, as vazões consumidas e perdidas aumentaram em relação ao ano anterior, com valores, respectivamente, de 59,79 L/s (aumento de 4,4% em relação ao valor de 2018 de

¹¹⁴ OMS, World Health Organization. Domestic Water Quantity, Service, Level and Health. 2003. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH0302.pdf. Acesso em 31 03 2020.

57,14 L/s) e 34,59 L/s (aumento de 7,7% em relação ao valor de 2018 de 28,91 L/s). A vazão total captada em 2019 foi de 94,3 L/s, representando aumento de 8,7% em relação a 2018 (86 L/s).

Segundo dados do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (SNIS), o Índice de perdas na distribuição (I_{pd}) médio das empresas de saneamento nacional foi de 38,3% no ano de 2018 (último dado disponível), enquanto o DF apresentou índice de 34,5% naquele (SNIS, 2018). Em 2019, o DF apresentou queda no I_{pd} com valor de 32,1%.

Na **Figura 71** mostra-se a evolução do Índice de perdas na distribuição (I_{pd}) do SAA Brazlândia e do DF no período de 2013 a 2019. Constatou-se tendência de queda do I_{pd} para o SAA Brazlândia durante o período analisado de 38,5% (2013) para 36,6% (2019), representando decréscimo de 1,9 pontos percentuais. Os valores do I_{pd} para SAA Brazlândia foram maiores que os valores do DF nos anos de 2013 a 2015, porém, menores nos anos de 2016 a 2018, voltando novamente a ficar acima em 2019.

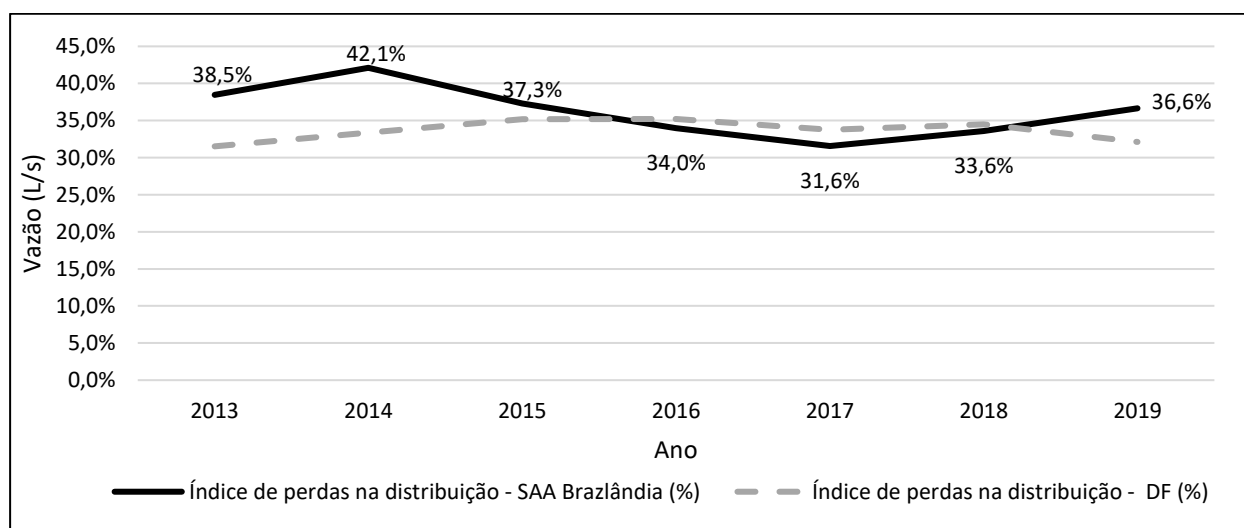


Figura 71 – Índice de perdas na distribuição (I_{pd}) do SAA Brazlândia e do DF

A aplicação dos valores de referência¹¹⁵ definidos pela Adasa permitem concluir que para o ano de 2019 o I_{pd} do SAA Brazlândia foi de 36,6%, considerado como “ruim”, na faixa de]28; 100].

d) Avaliação da vulnerabilidade da U3 – Unidade de distribuição

iii. Escassez crônica e aguda

O grau da propriedade “sensibilidade” da Unidade de distribuição (U3) do SAA Brazlândia aos efeitos adversos de escassez crônica e aguda foi avaliado como “alto”, tendo em vista que:

¹¹⁵ Valores de referência do I_{pd} (%): Excelente [0; 23,3]; Bom:]23,3; 24,3]; Mediano:]24,3; 28]; Ruim:]28; 100] (ADASA, 2018a).

- tem ocorrido crescimento das unidades de consumo de água na área urbana com um incremento de 3.191 unidades entre 2005 a 2019, o que representa um aumento percentual de 19,2%, embora a vazão captada tenha caído em 18,9 L/s, passando de 113,2 L/s (2014) para 94,3 L/s (2019).
- o consumo per capita do sistema de 117 L/hab.dia está acima do valor racional estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) de 110 L/hab.dia, ainda que abaixo dos valores do DF de 140 L/hab.dia;
- o índice de perdas na distribuição de 36,6% é elevado se comparado com os valores de referência estabelecido pela Adasa, podendo ser considerado como “ruim”, na faixa de]28; 100].

O grau da propriedade “exposição¹¹⁶” da Unidade de distribuição (U3) do SAA Brazlândia aos efeitos adversos de escassez crônica e aguda foi avaliado, como a “alto”, tendo em vista que esta propriedade está diretamente relacionada ao risco associado a ocorrência dos estressores “Demanda por água” e “Estiagem/Seca” que tiveram, ambos, avaliação de risco considerada “inaceitável”.¹¹⁷

Aplicando-se a matriz de avaliação da vulnerabilidade, conforme abordado no item 5.6.2 (pg.94), tem-se:

- Escassez crônica: sensibilidade (grau “alto”) e exposição (grau “alto”), com vulnerabilidade “alta” em 2019;
- Escassez aguda: sensibilidade (grau “alto”) e exposição (grau “alto”), com vulnerabilidade “alta” em 2019;

¹¹⁶ O grau da propriedade exposição foi avaliado por meio das seguintes faixas: baixo, se o risco é “Aceitável”; médio se o risco é “Tolerável”; alto, se o risco é “Inaceitável”.

¹¹⁷ A avaliação de risco destes estressores consta nos itens 6.1.1 e 6.1.2.

6.3 Ações de gestão relacionadas à segurança hídrica do SAA Brazlândia

A seguir estão relacionadas as ações executadas pelo órgão gestor de recursos hídricos e regulador dos serviços de saneamento básico (Adasa) e prestadora de serviços (Caesb), que objetivam o aumento da resiliência do SAA Brazlândia. As ações envolvem também outras entidades que participam indiretamente da gestão destas políticas, como SEAGRI-DF, EMATER-DF e SEMAD-GO.

Foram identificadas um total de 13 (treze) ações, distribuídas nas seguintes categorias: (i) controle do uso da água e gestão de conflitos – 6 (seis); (ii) infraestrutura (reservação) – 3 (três); (iii) Redundância de manancial – 1 (uma); Gestão da demanda/racionalização do uso – 2 (duas); Fontes alternativas (reuso/captação de águas pluviais) – 1 (uma).

6.3.1 Ações para redução da vulnerabilidade da unidade de captação

a) Controle do uso da água e gestão de conflitos

- i. Gestão e fiscalização nas bacias hidrográficas da região com vistas ao aumento da disponibilidade hídrica no manancial e mitigação dos conflitos pelos diferentes usos;
- ii. Instalação de hidrômetro em grandes propriedades com vistas a promover o controle e o monitoramento do uso de recursos hídricos;
- iii. Suspensão da emissão de outorgas prévias, preventivas e de direito de uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica a montante do Reservatório do Descoberto;
- iv. Autorização da redução da vazão remanescente a jusante da captação do Barroco, de 20% para 10% da média das mínimas mensais;
- v. Mapeamento da área irrigada na região de Brazlândia, visando monitorar possíveis usos não outorgados;
- vi. Utilização de inteligência espacial na gestão dos recursos hídricos, por meio do uso de drones no processo de fiscalização;

b) Infraestrutura (reservação)

- vii. Reservação de água em pequenos reservatórios revestidos com o objetivo de incentivar o melhor uso e da água nas propriedades rurais;
- viii. Implantação de 09 Poços Tubulares Profundos em Propriedades Rurais com o objetivo de incentivar e fomentar a utilização de água subterrânea de maneira melhorar o uso e gestão da água (aumentar a oferta de água para Brazlândia);
- ix. Integração do Sistema Brazlândia com o sistema Descoberto a ser executado em duas etapas: captação de 40 L/s no córrego olaria; transferência de 165 L/s da ETA Descoberto para o SAA Brazlândia;

c) Redundância de manancial (fonte de água bruta)

- x. Perfuração de 02 poços tubulares profundos para reforço emergencial do sistema produtor de água de Brazlândia no ano de 2018, a partir de estudo de disponibilidade hídrica subterrânea elaborado pela Adasa em parceria com a Universidade de Brasília.

6.3.2 Ações para redução da vulnerabilidade da unidade de distribuição

d) Gestão da demanda/racionalização do uso

- xi. Redução das perdas na distribuição do SAA Brazlândia com instalação de válvulas redutoras de pressão, setorização de rede, pesquisas de vazamentos;
- xii. Monitoramento da evolução do consumo de água tratada pela população em Brazlândia;

e) Fontes alternativas (reuso/captação de águas pluviais)

- xiii. Publicação da Resolução n. 03, de 20 de março de 2019, que estabelece diretrizes para implantação e operação de sistemas prediais de água não potável em edificações residenciais.

Em relação a situação, as ações apresentaram a seguinte frequência: concluídas – 5 (cinco); em andamento – 4 (quatro) e previstas – 6 (seis), conforme resumido no **Quadro 24**.

Quadro 24 – Ações para redução da vulnerabilidade do SAA Brazlândia

Objetivo	Categoria	Ação	Responsável	Observação	Situação
Ações para redução da vulnerabilidade da unidade de captação aos efeitos adversos de escassez crônica e aguda	Controle do uso da água e gestão de conflitos	Gestão e fiscalização nas bacias hidrográficas da região com vistas ao aumento da disponibilidade hídrica no manancial e mitigação dos conflitos pelos diferentes usos	ADASA; SEAGRI; EMATER	As ações de fiscalização são realizadas anualmente, conforme Plano Anual de Fiscalização da Superintendência de Recursos Hídricos da Adasa (SRH);	Em andamento
		Instalação de hidrômetro em grandes propriedades com vistas a promover o controle e o monitoramento do uso de recursos hídricos	ADASA; SEAGRI; EMATER	Projeto aprovado no âmbito do CBH Paranaíba, porém ainda não iniciado.	Prevista
		Suspensão da emissão de outorgas prévias, preventivas e de direito de uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica a montante do Reservatório do Descoberto	ADASA; ANA; SEMAD	A suspensão tem exceção para o consumo humano e a dessedentação animal, inclusive nas bacias dos mananciais de abastecimento de Brazlândia (Capão da Onça, Barroco e Bucanhão) por meio da Resolução Conjunta nº 01/2017;	Concluída
		Autorização da redução da vazão remanescente a jusante da captação do Barroco, de 20% para 10% da média das mínimas mensais	ADASA	-	Concluída
		Mapeamento da área irrigada na região de Brazlândia, visando monitorar possíveis usos não outorgados	ADASA	-	Concluída
		Utilização de inteligência espacial na gestão dos recursos hídricos, por meio do uso de drones no processo de fiscalização	ADASA	-	Em andamento
	Infraestrutura (reservação)	Reservação de água em pequenos reservatórios revestidos com o objetivo de incentivar o melhor uso da água nas propriedades rurais;	ADASA; SEAGRI; EMATER	Projeto aprovado no âmbito do CBH Paranaíba, porém ainda não iniciado	Prevista

		Implantação de 09 Poços Tubulares Profundos em Propriedades Rurais com o objetivo de incentivar e fomentar a utilização de água subterrânea de maneira melhorar o uso e gestão da água (aumentar a oferta de água para Brazlândia);	ADASA; SEAGRI; EMATER	Projeto aprovado no âmbito do CBH Paranaíba, porém ainda não iniciado;	Prevista
	Redundância de manancial (fonte de água bruta)	Perfuração de 02 poços tubulares profundos para reforço emergencial do sistema produtor de água de Brazlândia ainda no ano de 2018;	CAESB	Foram implantados 2 poços tubulares profundos em 2018, sendo o primeiro nas proximidades da Captação do Barroco e o segundo na Captação Capão da Onça, totalizando vazão adicional de 7,1 L/s;	Concluída
	Infraestrutura (reservação)	Integração do Sistema Brazlândia com o sistema Descoberto a ser executado em duas etapas.	CAESB	Foi finalizado o estudo de concepção com a escolha da alternativa de interligação em duas etapas. Etapa 1: captação de 40 L/s no córrego olaria (2023); Etapa 2: transferência de 165 L/s da ETA Descoberto para o SAA Brazlândia (2025);	Em andamento
Ações para redução da vulnerabilidade da unidade de distribuição os efeitos adversos de escassez crônica e aguda	Gestão da demanda/racionalização do uso	Redução das perdas na distribuição do SAA Brazlândia com instalação de válvulas redutoras de pressão, setorização de rede, pesquisas de vazamentos; Monitoramento da evolução do consumo de água tratada pela população em Brazlândia;	CAESB	Segundo estimativas Caesb, as ações resultaram em redução das vazões médias em 20 L/s;	Em andamento
			ADASA; CAESB	O monitoramento é realizado por meio de relatório e painéis interativos.	Em andamento
	Fontes alternativas (reuso/captação de águas pluviais)	Publicação da Resolução n. 03, de 20 de março de 2019, que estabelece diretrizes para implantação e operação de sistemas prediais de água não potável em edificações residenciais;	ADASA	-	Concluída

6.4 Simulação de cenários de segurança hídrica do SAA Brazlândia

Os cenários de segurança hídrica para o SAA Brazlândia no período de 2020 a 2037 são demonstrados por meio da **Figura 72**.

No cenário “C1 – Tendencial” verificou-se saldo negativo (déficit hídrico) entre a vazão do dia de maior consumo (Q_f -máx) e a vazão captável para o abastecimento urbano na situação de normalidade hidrológica (vazão captável baseada em 90% da Q_{90}) durante todo o período em análise, com variação de -23,9 L/s (2020) a -51,6 L/s (2037). O déficit hídrico também foi observado para a situação escassez hídrica (vazões observadas em 2017), com variação de -34,3 L/s (2020) a -62,0 L/s (2037).

Para o cenário “C2 – Redução de perdas e do consumo urbano”, no qual considerou-se redução das perdas na distribuição de 36,6% para 28% e do consumo per capita de 117 L/hab.dia para 110 L/hab.dia, constatou-se diminuição do déficit hídrico, com valores de -2,6 L/s (2020) a de -25,5 L/s (2037) na situação de normalidade hidrológica e de -13,0 L/s (2020) a -35,9 L/s (2037) na situação de escassez hídrica.

O cenário “C3 – Nova captação” considerou a ampliação da disponibilidade hídrica para abastecimento urbano por meio de obra de infraestrutura a ser efetuada em duas etapas, com aumento da disponibilidade de 40 L/s em 2023 (Etapa 1)¹¹⁸ e de 165 L/s em 2026 (Etapa 2)¹¹⁹, porém sem considerar medidas de gestão para redução de perdas e do consumo urbano. Este cenário apresentou saldo positivo de disponibilidade hídrica na situação de normalidade hidrológica, variando de 9,6 L/s (2023) a 13,6 L/s (2037). Porém, para a situação de escassez hídrica, verificou-se déficit de -5,2 L/s (2023) e de -4,5 L/s (2037).

Por fim, o cenário “C4 – Nova captação, redução de perdas e do consumo urbano” considerou a associação da ampliação da infraestrutura de abastecimento (Etapa 1 e 2) com ações de gestão para redução de perdas de água na distribuição e indução ao uso racional da água no meio urbano. Neste cenário, observou-se aumento do saldo hídrico em situação de normalidade hidrológica de 32,0 L/s em 2023 e de 39,7 L/s em 2037. Na situação de estresse hídrico, o saldo foi positivo nos anos de 2023 (17,2 L/s) a 2037 (21,6 L/s).

¹¹⁸ Etapa 1: corresponde a nova captação no córrego Olaria com aumento de 40 L/s a ser executada no período de 2020 a 2022, estando disponível para utilização no ano de 2023.

¹¹⁹ Etapa 2: corresponde a obra de interligação do sistema Descoberto ao sistema Brazlândia no valor de 165 L/s, a ser executada no período de 2023 a 2025, estando disponível para utilização no ano de 2026.

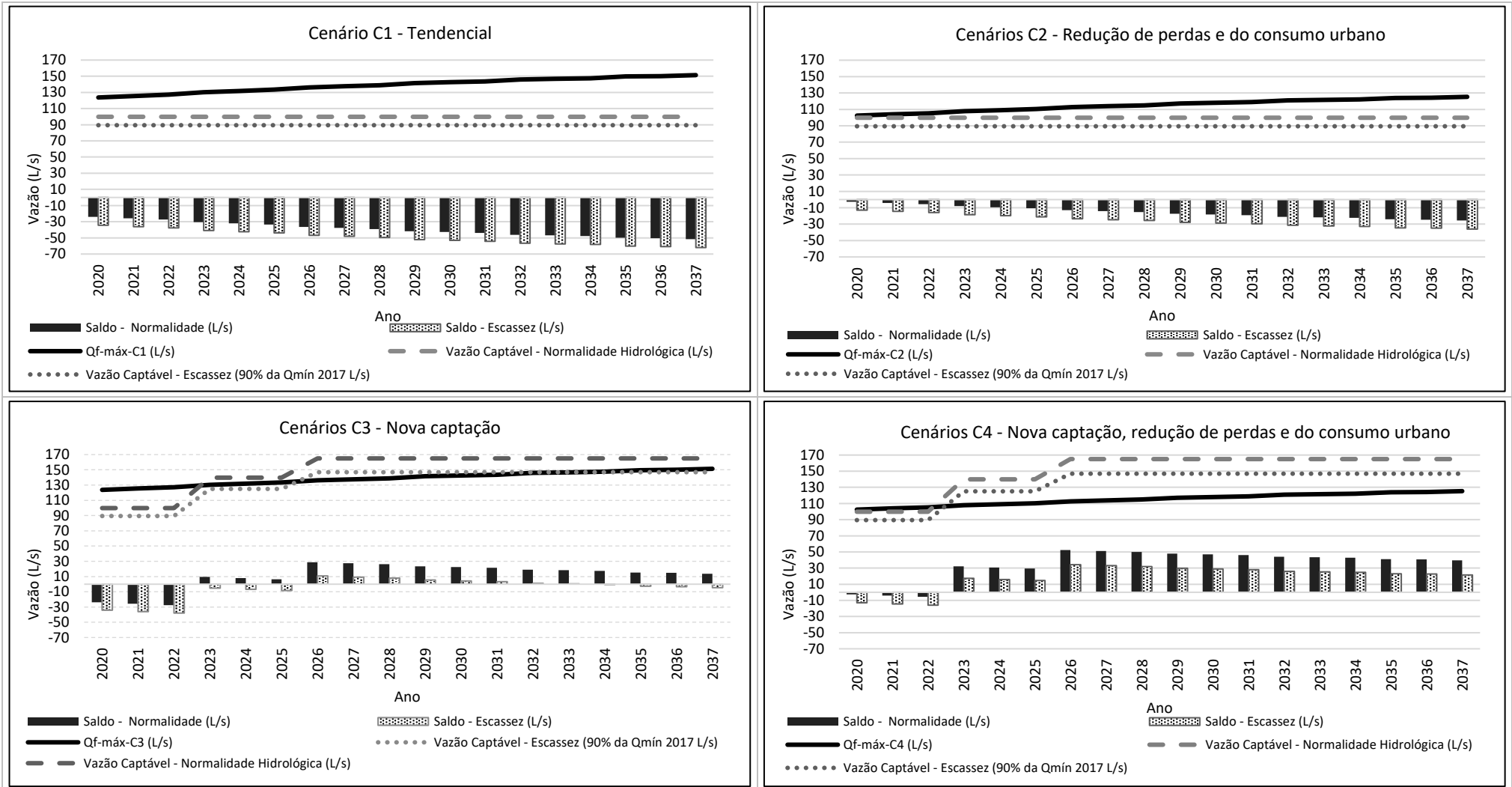


Figura 72 – Cenários de segurança hídrica para abastecimento urbano do SAA Brazlândia

Legenda: Qf-máx-CX: corresponde vazão futura necessária para atendimento da demanda do dia de maior consumo nos cenários C1, C2, C3 e C4; Vazão captável – Normalidade hidrológica: vazão captável para abastecimento correspondente a 90% da Q_{90} ; Vazão captável – Escassez: corresponde a vazão captável no cenário de escassez hídrica de 2017; Saldo – Normalidade hidrológica: diferença entre a Qf-máx-CX e a vazão captável no cenário de normalidade hidrológica; Saldo – Escassez: diferença entre a Qf-máx-CX e a vazão captável no cenário de escassez hídrica.

A partir dos cenários C1 a C4 foram obtidos o Índice de comprometimento da vazão captável (I_{cvc}) nas situação de normalidade hidrológica e escassez hídrica. A comparação do I_{cvc} para a situação de normalidade hidrológica (**Figura 73**) mostrou comprometimento da vazão captável acima de 100% para os cenários “C1 – Tendencial” (máximo de 152% em 2037) e “C2 – Redução de perdas e do consumo urbano” (máximo de 126% em 2037) durante todo o período em análise, 2020 a 2037.

Para o cenário “C3 – Nova captação”, o grau de comprometimento na situação de normalidade hidrológica ficou acima de 90% (entre 93% em 2023 e 95% em 2025) durante a Etapa 1 de ampliação do sistema (captação de 40 L/s no córrego Olaria). Após a implantação da Etapa 2 (integração com o sistema Descoberto em 165 L/s), o I_{cvc} caiu para 83%, voltando a ficar acima de 90% após o ano de 2035. No ano de 2037, o I_{cvc} alcançou o valor final 92%.

No cenário “C4 – Nova captação, redução de perdas e do consumo urbano”, o I_{cvc} variou entre 77% em 2023 e 79% em 2025 durante a Etapa 1 de ampliação do sistema (captação de 40 L/s no córrego Olaria) e entre 68% (2026) e 76% (2037) durante a Etapa 2 (integração com o sistema Descoberto em 165 L/s).

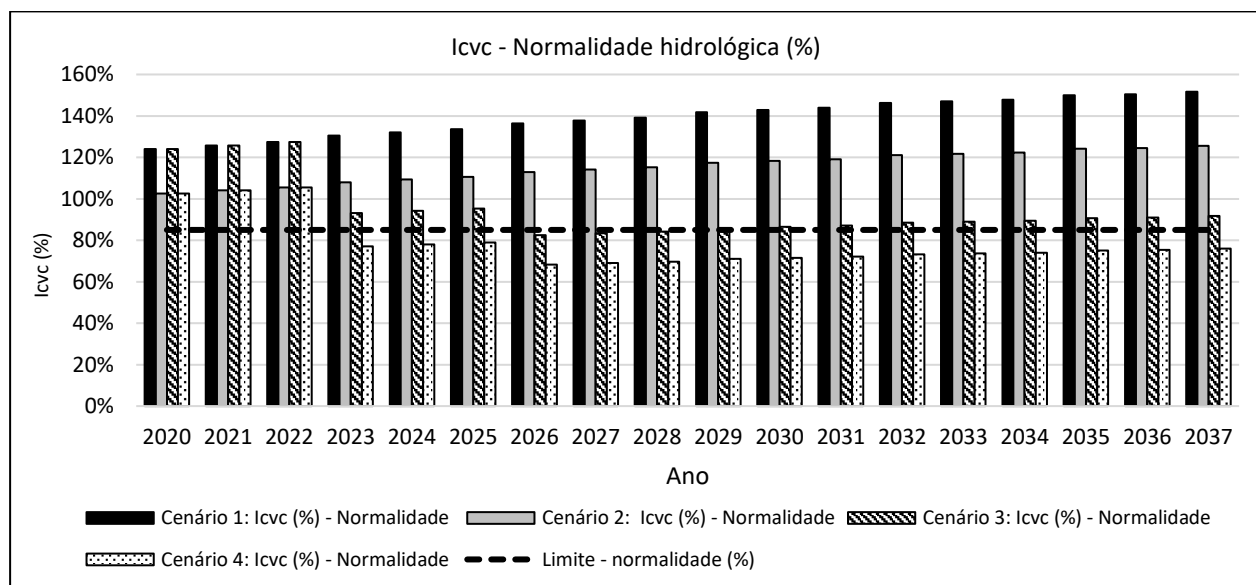


Figura 73 – Índice de comprometimento da vazão captável (I_{cvc}) – Normalidade hidrológica

A comparação do I_{cvc} para a situação de escassez hídrica (**Figura 74**) mostrou comprometimento da vazão captável acima de 130% para os cenários “C1 – Tendencial” (máximo de 169% em 2037) e “C2 – Redução de perdas e do consumo urbano” (máximo de 140% em 2037) durante todo o período em análise, entre os anos 2020 a 2037.

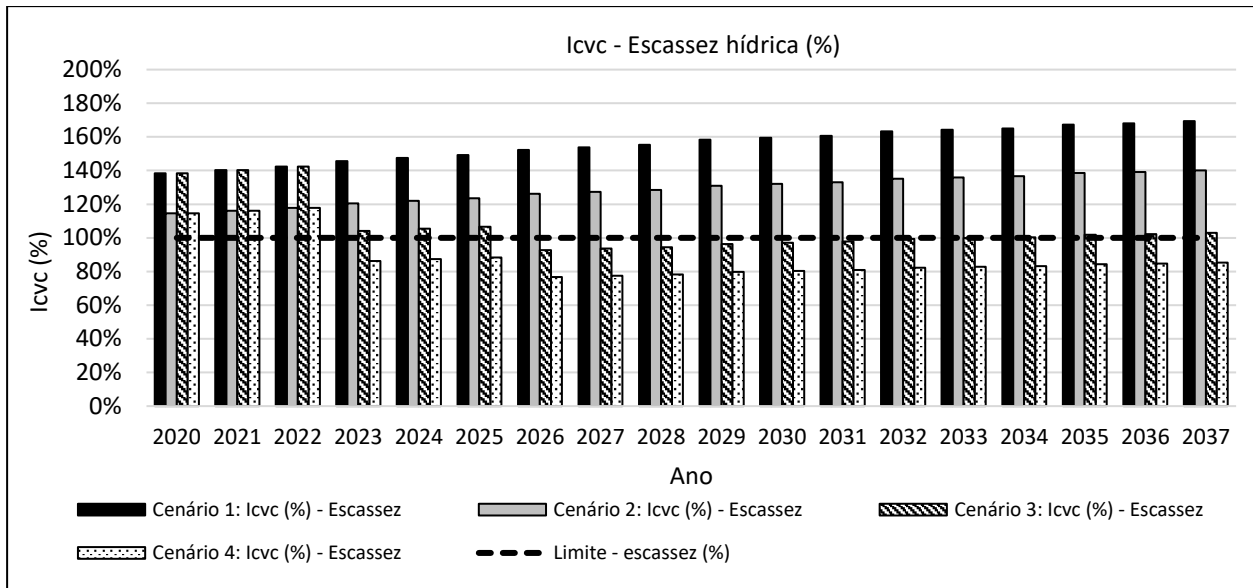


Figura 74 – Índice de comprometimento da vazão captável (I_{cvc}) – Escassez hídrica

Para o cenário “C3 – Nova captação”, o grau de comprometimento na situação de escassez hídrica ficou entre 104% (2023) e 107% (2025) na Etapa 1 e 93% (2026) e 103% (2037) na Etapa 2. No cenário “C4 – Nova captação, redução de perdas e do consumo urbano”, o I_{cvc} variou entre 86% (2023) e 88% (2025) na Etapa 1 e 77% (2026) e 85% (2037) na Etapa 2, com menor comprometimento da vazão captável para abastecimento em comparação com os cenários anteriores.

Conclui-se a partir dos cenários analisados que os cenários “C1 – Tendencial” e “C2 – Redução de perdas e do consumo urbano” demonstraram elevado grau de comprometimento da segurança do abastecimento do SAA Brazlândia nas situações de normalidade hidrológica e escassez hídrica.

O cenário “C3 – Nova captação” apresentou I_{cvc} entre 83% e 92% na situação de normalidade hidrológica e entre 93% e 103% na situação de escassez hídrica, o que evidencia o atendimento do abastecimento urbano em condições normais, mas não em períodos críticos de disponibilidade hídrica.

A associação do cenário C3 com medidas de gestão formando o cenário “C4 – Nova captação, redução de perdas e do consumo urbano” demonstrou possibilidade de atendimento da demanda atual durante todos os anos para as situações de normalidade hidrológica e escassez hídrica com I_{cvc} de 88%.

6.5 Síntese dos resultados

As ações de gestão já implantadas ou em andamento/previstas com impacto sobre a segurança hídrica do SAA Brazlândia evidenciaram que a segurança hídrica do SAA Brazlândia está comprometida e as ações dos órgãos gestores objetivam aumentar a resiliência do sistema e garantir a continuidade do abastecimento à população.

A aplicação do modelo de avaliação adotado e adaptado para este estudo permitiu a avaliação dos riscos associados aos estressores da água bruta e as vulnerabilidades do sistema de abastecimento, possibilitando integrar estes dois aspectos na avaliação da segurança hídrica do SAA Brazlândia.

a) Avaliação de riscos associados aos efeitos dos estressores

No **Quadro 25** sintetiza-se os resultados obtidos para a avaliação dos riscos à disponibilidade de água associados aos estressores dos mananciais do SAA Brazlândia avaliados, assim como os efeitos adversos provocados por estes.

Quadro 25 – Resumo dos resultados de avaliação de riscos dos estressores da água bruta

Código	Estressor	Efeito adverso provocado	Análise de risco		Risco
			Grau de Severidade	Grau de Ocorrência	
E1	Demanda por água	Escassez crônica	Alto	Alto	Inaceitável
E2	Estiagem/Seca	Escassez aguda	Médio	Alto	Inaceitável
E3	Poluentes ordinários	Poluição crônica	Médio	Médio	Tolerável
E4	Poluentes acidentais	Poluição acidental	Baixo	Baixo	Aceitável
E5	Pressão sobre as condições ambientais	Poluição crônica	Médio	Alto	Inaceitável

Os estressores “Demanda por água”, “Estiagem/Seca” e “Pressão sobre as condições ambientais” tiveram risco classificado como “inaceitável”, o que significa que os efeitos adversos de escassez crônica, escassez aguda e poluição crônica provocados, respectivamente, por estes estressores apresentam elevada probabilidade de causar prejuízos no funcionamento do SAA Brazlândia.

O estressor “Poluentes ordinários” teve risco classificado como “tolerável”, com probabilidade intermediária de ocasionar interrupções no fornecimento de água, enquanto o estressor “Poluentes acidentais” teve risco avaliado como “aceitável”, com baixa probabilidade de causar danos ao sistema.

b) Análise das vulnerabilidades do SAA Brazlândia

A avaliação dos riscos associados aos estressores foi complementada com a análise das vulnerabilidades do SAA Brazlândia aos efeitos adversos provocados por estes nas unidades de captação, tratamento e distribuição, conforme sintetizado no **Quadro 26**.

Quadro 26 – Resumo dos resultados de avaliação da vulnerabilidade do SAA Brazlândia

Unidade do Sistema	Estressor	Efeitos/ Impactos Adversos	Análise de Risco	Análise de Vulnerabilidade		
				Grau de Exposição	Grau de Sensibilidade	Vulnerabilidade
Captação	Demanda por água	Escassez crônica	Inaceitável	Alto	Alto	Alta
	Estiagem/Seca	Escassez aguda	Inaceitável	Alto	Alto	Alta
Tratamento	Poluentes ordinários	Poluição crônica	Tolerável	Médio	Baixo	Baixa
	Pressão sobre as condições ambientais	Poluição crônica	Inaceitável	Alto	Baixo	Média
	Poluentes acidentais	Poluição acidental	Aceitável	Baixo	Médio	Baixa
Distribuição	Demanda por água	Escassez crônica	Inaceitável	Alto	Alto	Alta
	Estiagem/Seca	Escassez aguda	Inaceitável	Alto	Alto	Alta

i. Unidade de captação

A unidade de captação de água sofre os efeitos/impactos adversos de escassez crônica e escassez aguda provocados, respectivamente, pelos estressores “Demanda por água” e “Estiagem/Seca”.

Conforme abordado no tópico 6.2.1, a vulnerabilidade desta unidade a ação destes estressores foi avaliada como “alta”, demonstrando a baixa resiliência desta unidade a ação perturbadora de ambos os estressores, devido aos seguintes fatores: (i) ambas as captações do sistema não possuem barragem de acumulação; (ii) a relação entre a vazão do manancial e vazão mínima operacional vem diminuindo ao longo dos últimos anos, sobretudo no período de estiagem; (iii) constantes paralisações deste subsistema em decorrência de indisponibilidade hídrica, necessitando de ações imediatas para aumento de sua resiliência.

A diminuição da vulnerabilidade da unidade de captação pode ser efetuada por meio de medidas que atuem na bacia hidrográfica dos mananciais de abastecimento para diminuição dos

riscos associados aos efeitos adversos dos estressores ou por meio de medidas que diminuam a sensibilidade do sistema a estes estressores.

Foram identificadas um total 8 (oito) ações de gestão na bacia hidrográfica de abastecimento, sendo: (i) gestão e fiscalização nas bacias; (ii) instalação de hidrômetros em propriedades rurais; (iii) suspensão da emissão de outorgas prévias, preventivas e de direito de uso; (iv) redução da vazão remanescente nos pontos de captação; (v) mapeamento da área irrigada na região de Brazlândia, visando monitorar possíveis usos não outorgados; (vi) utilização de inteligência espacial (drones) no processo de fiscalização; (vii) implantação de reservatórios revestidos em propriedades rurais e; (viii) implantação de 09 poços tubulares profundos em propriedades rurais.

Para a diminuição da sensibilidade da unidade de captação foram identificadas 2 (duas) ações: (i) interligação do sistema Brazlândia ao sistema Descoberto a ser executada em duas etapas (captação de 40 L/s no córrego olaria; transferência de 165 L/s da ETA Descoberto para o SAA Brazlândia; (ii) perfuração de dois poços tubulares profundos, totalizando 7,1 L/s, para utilização em caso de escassez hídrica.

ii. Unidade de tratamento

A unidade de tratamento sofre os efeitos/impactos adversos de poluição crônica provocados pelos estressores “Poluentes ordinários e Pressão sobre as condições ambientais” e de poluição acidental provocados pelo estressor “Poluentes acidentais”.

Conforme abordado no tópico 6.2.2, a vulnerabilidade desta unidade foi avaliada como “baixa” para o estressor “Poluentes ordinários” devido aos seguintes fatores: (i) a tecnologia de tratamento está adequada a qualidade da água bruta dos mananciais e; (ii) baixo índice de análises fora do padrão da qualidade da água tratada, o que significa que o sistema entrega água dentro dos padrões estabelecidos.

Entretanto, para o estressor “Pressão sobre as condições ambientais” a vulnerabilidade foi avaliada como média, tendo em vista que apesar da tecnologia de tratamento atual ser suficiente para a entrega dos padrões de qualidade da água tratada, a alta exposição aos poluentes ordinários em decorrência das condições de uso e ocupação do solo pode impactar a segurança da unidade de tratamento a médio e longo prazo, caso medidas não sejam tomadas.

Em relação ao estressor “Poluentes acidentais”, a vulnerabilidade da unidade de tratamento foi avaliada em grau “baixo”, tendo em vista que não foram identificados acidentes ambientais nos

últimos cinco anos e, em caso de acidentes com um dos mananciais, o outro pode ser utilizado para continuidade do tratamento, embora de forma insuficiente ao atendimento de toda a demanda.

Não foram identificadas ações de gestão de melhorias ou reformas da ETA Brazlândia. As ações de gestão que se relacionam com essa unidade são a nova captação de água no córrego Olaria que diminuiu a sensibilidade do sistema, tendo em vista que representa uma captação adicional e a integração com o sistema Descoberto, que prevê a desativação completa da estação com utilização da ETA Descoberto para tratamento da água.

iii. Unidade de distribuição

A unidade de distribuição de água sofre os efeitos/impactos adversos de escassez crônica e escassez aguda provocados, respectivamente, pelos estressores “Demanda por água” e “Estiagem/Seca”.

Conforme abordado no tópico 6.2.3, a vulnerabilidade desta unidade foi classificada como “alta”, demonstrando a baixa resiliência desta unidade a ação perturbadora de ambos os estressores, devido aos seguintes fatores: (i) elevado crescimento das unidades de consumo de água; (ii) consumo per capita acima do valor racional estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS); (iii) elevado índice de perdas na distribuição se comparado com os valores de referência estabelecidos pela Adasa.

A diminuição da vulnerabilidade da unidade de distribuição pode ser efetuada por meio de medidas que diminuam a sensibilidade do sistema a estes estressores. Com esta finalidade, foram identificadas um total de 3 (três) ações de gestão: (i) redução de perdas na distribuição com instalação de válvulas redutoras de pressão, setorização de rede e pesquisas de vazamentos; (ii) monitoramento da evolução do consumo de água tratada e; (iii) publicação de resolução com diretrizes para implantação e operação de sistema prediais de água não potável em edificações residenciais, que visa estimular o reuso da água.

c) Cenários de segurança hídrica

O cenário “C1 – Tendencial” verificou-se saldo negativo (déficit hídrico) entre a vazão do dia de maior consumo (Q_f -máx) e a vazão captável para o abastecimento urbano na situação de normalidade hidrológica, com variação de -23,9 L/s (2020) a -51,6 L/s (2037). O déficit hídrico também foi observado para a situação escassez hídrica (vazões observadas em 2017), com variação de -34,4 L/s (2020) a -62,0 L/s (2037). Este cenário demonstra a necessidade e urgência das medidas de gestão que vem sendo tomadas nas bacias hidrográficas dos córregos Barroco e Capão da Onça

e no SAA Brazlândia que visam suprir o déficit hídrico observado e aumentar a resiliência do sistema.

O cenário “C2 – Redução de perdas e do consumo urbano” evidenciou que somente ações de redução das perdas e do consumo urbano não são suficientes para garantir a continuidade do abastecimento, implicando na necessidade de prospecção de novas fontes hídricas, tendo em vista o déficit de -2,6 L/s (2020) a de -25,5 L/s (2037) na situação de normalidade hidrológica e de -13,0 L/s (2020) a -35,9 L/s (2037) na situação de escassez hídrica.

O cenário “C3 – Nova captação”, que considerou a ampliação da disponibilidade hídrica por meio de nova captação (Etapa 1: 40 L/s em 2023 e Etapa 2: 165 L/s em 2026) apresentou saldo positivo de disponibilidade hídrica na situação de normalidade hidrológica, variando de 9,6 L/s (2023) a 13,6 L/s (2037). Porém, para a situação de escassez hídrica, verificou-se déficit de -5,2 L/s (2023) e de -4,5 L/s (2037). Este cenário demonstrou que a ampliação proposta pela Caesb é suficiente para atendimento da demanda no cenário de normalidade hidrológica, porém insuficiente na escassez hídrica.

Por fim, o cenário “C4 – Nova captação, redução de perdas e do consumo urbano” que considerou a associação da ampliação da infraestrutura de abastecimento (Etapa 1: 40 L/s em 2023 e Etapa 2: 165 L/s em 2026) com ações de gestão para redução de perdas de água na distribuição e indução ao uso racional da água no meio urbano (perdas na distribuição de 28% e consumo de 110 L/hab.dia) apresentou saldo hídrico em situação de normalidade hidrológica de 32,0 L/s em 2023 e de 39,7 L/s em 2037. Na situação de estresse hídrico, o saldo foi positivo nos anos de 2023 (17,2 L/s) a 2037 (21,6 L/s).

O “cenário C4” evidencia que as ações de gestão de redução de perdas e de indução ao uso racional da água, associadas as obras de infraestrutura, são importantes para aumentar a resiliência do SAA Brazlândia, com melhoria na disponibilidade hídrica quando comparado ao “cenário C3”, possibilitando o atendimento da demanda nas situações simuladas de normalidade hidrológica e escassez hídrica.

Considerações finais

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Conclusões

a) **Em relação às metodologias de avaliação de segurança hídrica de sistemas de abastecimento urbano**

Este estudo analisou oito modelos de avaliação da segurança hídrica de sistemas de abastecimento urbano com aderência aos objetivos específicos propostos, considerando objetivo geral, metodologia, estressores da bacia hidrográfica, análise de vulnerabilidade do sistema de abastecimento, vantagens e limitações.

Não foi constatada uniformidade metodológica para avaliação da segurança de sistemas urbanos de abastecimento por meio da análise dos trabalhos selecionados, sendo que estes realizaram o diagnóstico dos sistemas por indicadores diversos, tais como oferta de água, demanda, perdas na distribuição, transposição de sistemas, qualidade físico-química da água, uso e ocupação do solo, pluviometria e fluviometria

Dentre os estudos analisados, apenas três (MELO, 2016; SILVA, 2017 e BERNARDERLI, 2017) utilizaram-se dos conceitos da gestão de risco para avaliação dos fatores de insegurança hídrica, identificando os riscos associados aos efeitos adversos dos estressores e as vulnerabilidades do sistema de abastecimento, de forma a proporcionar a priorização de ações de gestão.

b) **Em relação à aplicação do modelo conceitual selecionado para avaliação da segurança hídrica do SAA Brazlândia**

Por meio da aplicação de modelo conceitual adotado e adaptado para este estudo constatou-se que os estressores “Demanda por água”, “Estiagem/Seca” e “Pressão sobre as condições ambientais” apresentaram maior risco à disponibilidade da água bruta dos córregos Barrocão e Capão da Onça, seguido, em menor nível pelo estressor “Poluentes ordinários”, com risco tolerável e pelo estressor “Poluentes acidentais” que apresentou risco em nível aceitável.

A partir da avaliação dos riscos associados aos efeitos/impactos adversos de cada estressor foi possível analisar a vulnerabilidade das unidades de captação, tratamento e distribuição do SAA Brazlândia. As unidades de captação e distribuição apresentaram vulnerabilidade alta para os efeitos adversos de escassez crônica e escassez aguda provocados, respectivamente, pelos estressores “Demanda por água” e “Estiagem/Seca”. Na unidade de tratamento, verificou-se vulnerabilidade baixa aos efeitos adversos de poluição crônica e poluição acidental decorrentes

dos estressores “Poluentes ordinários” e “Poluentes acidentais”, porém a vulnerabilidade foi avaliada como “média” ao estressor “Pressão sobre as condições ambientais”.

Para as unidades de captação e distribuição que apresentaram alta vulnerabilidade foram identificadas medidas de gestão em andamento ou previstas evidenciando a atuação dos órgãos gestores no sentido de aumentar a resiliência do sistema e a garantia da continuidade do abastecimento.

A simulação de cenários demonstrou que a ampliação da infraestrutura de abastecimento por meio de nova captação e integração do SAA Descoberto ao SAA Brazlândia, associada as medidas de gestão para redução de perdas de água na distribuição e indução ao uso racional da água são suficientes para aumentar a resiliência do SAA Brazlândia, possibilitando o atendimento da demanda nas situações simuladas de normalidade hidrológica e escassez hídrica.

Conclui-se que a análise da segurança hídrica de sistemas de abastecimento de água, tendo como foco o gerenciamento de riscos à disponibilidade da água associados à ação de estressores da bacia hidrográfica, em conjunto com a análise das vulnerabilidades do sistema de abastecimento, conforme proposto pelo modelo aplicado neste estudo, constitui-se em importante ferramenta para monitoramento e tomada de decisão dos órgãos gestores de recursos hídricos e de saneamento básico, pois possibilita incorporar medidas de gestão de riscos, em detrimento de tradicionais ações de respostas à crises, assim como permite o desenvolvimento de ações integradas entre estes dois setores, desde o manancial até a entrega da água ao consumidor final.

7.2 Limites da pesquisa

O modelo analítico de segurança hídrica adaptado para este estudo possibilita a avaliação de riscos e de vulnerabilidades de forma qualitativa, o que incorpora certo grau de subjetividade, apesar de as características mensuráveis dos efeitos de cada estressor, que compõem a análise de risco, serem avaliadas de forma quantitativa por meio de parâmetros de análise ou indicadores.

Destaca-se que a aplicação do modelo para avaliação de riscos, conforme proposto neste estudo, seja de forma qualitativa ou semi-quantitativa, possui elevada amplitude de análise, sendo uma ferramenta de monitoramento em nível estratégico, ou seja, permite uma visão abrangente da segurança hídrica e a priorização das ações de gestão no sentido de reduzir as vulnerabilidades do sistema aos riscos identificados.

Dessa forma, a avaliação proposta deve estar associada a estudos específicos que analisem aspectos críticos identificados de forma aprofundada, tais como estudos de simulações hidrológica,

de simulações da qualidade da água, simulação de acidentes ambientais e transporte de poluentes, bem como aplicação de metodologias de otimização econômica de perdas de água na distribuição, dentre outros.

Aponta-se, ainda, que o estudo não abordou a análise de risco de aspectos específicos envolvidos nas etapas do tratamento da água na ETA Brazlândia (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção), como preconizado nos Planos de Segurança da Água da OMS, bem como riscos envolvidos no processo operacional de distribuição, tais como rompimento ou danos às redes, falhas de equipamentos, indisponibilidade de energia elétrica e insuficiência de reservação de água tratada.

7.3 Recomendações

Apesar destas limitações, o modelo conceitual adotado demonstrou-se adaptável à avaliação da segurança hídrica do SAA Brazlândia, permitindo aplicar conceitos de gestão de risco na avaliação desse sistema, além de uma visão estratégica de curto, médio e longo prazos das vulnerabilidades associadas aos riscos, que pode auxiliar o órgão gestor de recursos hídricos no acompanhamento das ações de gestão e, também, na definição de novas medidas específicas.

Melo (2016) aplicou uma variação do modelo deste estudo para avaliação da segurança hídrica do sistema de abastecimento do rio das Velhas, utilizando-se o método de FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) para semi-quantificar os riscos dos efeitos adversos dos estressores, por meio das propriedades de severidade, ocorrência e detectabilidade. A partir do produto ponderado destas propriedades foi obtido um índice de medida do risco da segurança hídrica, R_{sh} , e uma matriz com 27 valores possíveis de risco. Esta variação do modelo possibilita uma melhor graduação dos riscos e diminuição da subjetividade na análise, podendo ser adaptada para melhoria do modelo aplicado neste estudo.

O modelo de avaliação de risco proposto no Guia de elaboração de Planos de Segurança da Água da Organização Mundial da Saúde também se constitui em referência para adaptação do modelo e aplicação de uma matriz de risco semi-quantitativa, especialmente para a avaliação dos estressores “Poluentes ordinários” do sistema de tratamento da água, tendo em vista a aderência do guia a este estressor.

Outro ponto importante em relação aos “Poluentes ordinários” é a necessária evolução do atual índice de qualidade da água para avaliação dos mananciais utilizados para abastecimento urbano. Nas discussões para proposição de um novo índice de monitoramento entre Adasa e Caesb, recomenda-se que seja analisado o Índice de qualidade da água bruta para fins de abastecimento

público (IAP) desenvolvido em conjunto pela CETESB e SABESB, tendo em vista que o indicador avalia não só os parâmetros do IQA, mas também variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas e alterações organolépticas da água.

A avaliação do estressor “Poluentes acidentais” pode ser melhorada, por meio da incorporação de elementos metodológicos do Plano de Contingência para Abastecimento de Água da ETA Guandu, tendo em vista o enfoque do plano na análise de risco de situações de emergência ambiental, decorrentes de acidentes em rodovias, dutos, indústrias e ferrovias. Em específico, recomenda-se o envolvimento de múltiplos atores no diagnóstico e levantamento dos riscos de acidentes, incluindo representantes do órgão ambiental (IBRAM), subsecretaria de Proteção e Defesa Civil (SUPROD/SSP-DF), grupamento de proteção ambiental do corpo de bombeiros (GPRAM/CBMDF), Departamento de Estradas e Rodagens (DER/DF), dentre outros atores envolvidos com o planejamento preventivo de ocorrência de acidentes com produtos químicos perigosos no âmbito do DF

Dessa forma, o modelo aplicado pode ser aperfeiçoado e adaptado para avaliação da segurança hídrica não só do SAA Brazlândia, mas também dos demais sistemas urbanos de abastecimento do Distrito Federal (Descoberto, Torto/Santa Maria, Sobradinho/Planaltina), permitindo ampliar a integração de ações entre os órgãos responsáveis, em especial, Adasa e Caesb no gerenciamento de riscos associados aos estressores da bacia hidrográfica e do sistema de abastecimento.

Recomenda-se a incorporação do modelo ao Plano de Contingência Hídrica previsto no PRH Paranaíba-DF, com periodicidade de aplicação anual, possibilitando o acompanhamento periódico do nível de segurança hídrica do SAA Brazlândia e dos demais sistemas de abastecimento de água do DF, bem como a priorização e análise da efetividade das ações de gestão planejadas/implementadas.

Por fim, o modelo de gestão de risco aplicado para o SAA Brazlândia tem potencial para ser uma ferramenta de transparência e comunicação com a sociedade, tendo em vista apresentar avaliação qualitativa que facilitar a compreensão dos resultados.

REFERÊNCIAS

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Resolução n. 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 DF.** Brasília: ADASA, 2006. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacao/resolucoes-adasa>. Acesso em: 22 jul. 2019.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal (PGIRH).** Brasília: ADASA, 2012. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/regulacao/planos>. Acesso em: 22 jul. 2019.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Resolução n. 16, de 21 de setembro de 2016. Declara estado de restrição de uso dos recursos hídricos e o regime de restrição do abastecimento de água potável nas regiões administrativas atendidas pelos sistemas isolados.** Brasília: ADASA, 2016. a. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacao/resolucoes-adasa>. Acesso em: 22 jul. 2019.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Resolução n. 22, de 09 de dezembro de 2016. Revoga a Resolução ADASA nº 16/2016 e o art. 5º da Resolução ADASA nº 19/2016.** Brasília: ADASA, 2016. b. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacao/resolucoes-adasa>. Acesso em: 22 jul. 2019.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Resolução n. 08, de 04 de julho de 2016. Dispõe sobre a instituição da metodologia de avaliação de desempenho da prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do Distrito Federal .** Brasília: ADASA, 2016. c. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacao/resolucoes-adasa>. Acesso em: 27 jan. 2020.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Resolução n. 21, de 08 de setembro de 2017. Declara estado de restrição de uso dos recursos hídricos e o regime de racionamento nas regiões atendidas pelos sistemas isolados.** Brasília: ADASA, 2017. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacao/resolucoes-adasa>. Acesso em: 22 jul. 2019.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Fiscalização Indireta: Resultados da Avaliação de Desempenho dos Serviços de Abastecimento de Água e de Esgoto.** Brasília: ADASA, 2018. a. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/areas-de-atuacao/abastecimento-de-agua-e-esgoto>. Acesso em: 20 jul. 2019.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Estudos sobre Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no Distrito Federal.** Brasília: ADASA, 2018. b. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/regulacao/estudos>. Acesso em: 22 jul. 2019.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Relatório Anual de Atividades da Superintendência de Recursos Hídricos.** Brasília: ADASA, 2018. c. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/areas-de-atuacao/recursos-hidricos>. Acesso em: 21 jul. 2019.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Resolução n. 13, de 06 de junho de 2018.** Brasília, DF: ADASA, 2018. d. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacao/resolucoes-adasa>. Acesso em: 27 jan. 2020.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Avaliação de aquíferos favoráveis para complementação do abastecimento de água no Distrito Federal e**

locação de poços tubulares profundos: regiões atendidas e não atendidas pelo sistema integrado Descoberto e Torto/Santa Maria. Brasília: ADASA, 2018. e. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/areas-de-atuacao/recursos-hidricos>. Acesso em: 20 ago. 2020.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Plano de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos afluentes distritais do rio paranaíba (PRH Paranaíba-DF).** Brasília: ADASA, 2019. a. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/regulacao/planos>. Acesso em: 16 maio. 2020.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Resoluções Adasa.** Brasília: ADASA, 2019. b. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacao/resolucoes-adasa>. Acesso em: 26 ago. 2019.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Resolução n. 15, de 20 de dezembro de 2019. Estabelece diretrizes e procedimentos para elaboração e apresentação do plano de exploração dos serviços de água e esgoto do DF.** Brasília: ADASA, 2019. c. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacao/resolucoes-adasa>.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Análise da disponibilidade hídrica das captações superficiais pertencentes ao Sistema de Abastecimento de Água de Brazlândia.** Brasília: ADASA, 2019. d. Disponível em: Processo SEI-GDF n. 00197-00005112/2018-25. Acesso em: 9 set. 2019.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Plano de ações da Adasa para gestão dos recursos hídricos nas bacias dos córregos Barroão e Capão da Onça.** Brasília: ADASA, 2019. e. Disponível em: Processo SEI-GDF n. 00197-00005112/2018-25. Acesso em: 12 jan. 2020.

ADASA, Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do DF.** Brasília: ADASA, 2020. Disponível em: <http://gis.adasa.df.gov.br/portal/home/>. Acesso em: 21 dez. 2020.

ALVES, J. P. H.; FONSECA, L. C.; CHIELE, R. S.; MACEDO, L. C. B. **Monitoramento da qualidade da água da bacia do rio Sergipe: uma avaliação usando análise de componentes principais.** Florianópolis: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Manual de operação da sala de situação da ANA e para apoio aos Estados.** Brasília: ANA, 2013. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/ckfinder/files/Manual de Operacao da Sala de Situacao_ANA.docx. Acesso em: 2 jul. 2019.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso.** Brasília: ANA, 2014. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/manual-de-outorga.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2020.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Mudanças climáticas e recursos hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação.** Brasília: ANA; GGES, 2016. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/mudancas-climaticas/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil.** Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 28 maio. 2019.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH).** Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2019.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Resolução n. 31, de 13 de julho de 2020. Institui o Programa Monitor de Secas.** Brasília: ANA, 2020. Disponível em:

http://arquivos.ana.gov.br/_viewpdf/web/?file=/resolucoes/2020/0031-2020_Ato_Normativo.pdf?22:16:41. Acesso em: 21 set. 2020.

BAKKER, K. Water Security: Research Challenges and Opportunities. **Science**, Washington, v. 337, n. 6097, p. 914–915, 2012.

BARTRAM, J.; CORRALES, L.; DAVISON, A.; DEERE, D.; DRURY, D.; GORDON, B.; HOWARD, G.; RINEHOLD, A.; STEVENS, M. **Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers**. Geneva: WHO, 2009.

BERNARDELI, M. A. F. D. **Bacia do córrego São João e segurança hídrica do abastecimento urbano do município de Porto Nacional-TO**. 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2017.

BRANDÃO, A.; LIMA, J. E. F. W.; RAMOS, A. E. Dinâmica da população e do uso e ocupação da terra no Distrito Federal. In: LIMA, J. E. F. W.; FREITAS, G. K.; PINTO, M. A. T.; SALLES, P. S. B. A. (Eds.). **Gestão da crise hídrica 2016-2018: experiências do Distrito Federal**. Brasília: Adasa; Caesb; Seagri; Emater, 2018. p. 13–21.

BRASIL. **Decreto n. 88.940, de 07 de novembro de 1983. Dispõe sobre a criação das áreas de proteção de manancial das bacias dos rios São Bartolomeu e Descoberto**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1983. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/1980-1984/D88940.htm. Acesso em: 5 set. 2020.

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília: Casa Civil, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 13 jan. 2019.

BRASIL. **Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos (P2R2)**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_p2r2_1/_arquivos/livro_2007_106.pdf. Acesso em: 20 ago. 2020.

BRASIL. **Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências**. Brasília: Casa Civil, 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm. Acesso em: 10 ago. 2020.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006**; Brasília: Casa Civil, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 7 ago. 2020.

BRASIL. **Portaria de Consolidação n. 05 de 28 de setembro de 2017. Anexo XX - Do controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília: Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: <https://cevs-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201804/26143402-anexo-xx.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.

BRESSANE, A.; REIS, F. G. V.; GIORDANO, L. C.; ROVEDA, J. A. F.; ROVEDA, S. R. M. M.; MARTINS, A. C. G.; MOCHIZUKI, P. S. Construção de um índice global de impacto para análise ambiental comparativa aplicada à adequação de empreendimentos irregulares. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 111–122, 2017.

BRIILHANTE, O. M.; CALDAS, L. Q. A. Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental. **SciELO Books**, Rio de Janeiro, p. 155, 1999.

CAESB, Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **SIAGUA - Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal (2014)**. Brasília: CAESB, 2014. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/>. Acesso em: 22 jul. 2019.

CAESB, Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Relatório da Administração**. Brasília: CAESB, 2017. a. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/empresa/balancos-e-relatorios/relatorio-anual.html>. Acesso em: 22 jul. 2019.

CAESB, Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Relatório de Atividades (2017)**. Brasília: CAESB, 2017. b. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/empresa/balancos-e-relatorios/relatorio-anual-atividades.html>. Acesso em: 22 jul. 2019.

CAESB, Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Propostas de alternativas para melhorias prestação dos serviços de abastecimento de água nos sistemas isolados**. Brasília: CAESB, 2017. c. Disponível em: Processo SEI-GDF n. 00197-00002651/2017-21. Acesso em: 12 jan. 2020.

CAESB, Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Relatório de Indicadores de Desempenho (2019)**. Brasília: CAESB, 2019. a. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/empresa/balancos-e-relatorios/relatorio-de-indicadores-de-desenvolvimento.html>. Acesso em: 22 jul. 2019.

CAESB, Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Atlasweb Caesb**. 2019b. Disponível em: <https://atlas.caesb.df.gov.br/portal/home/>. Acesso em: 9 set. 2019.

CAESB, Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Cronograma de atividades para reforço do sistema de abastecimento de Brasília**. Brasília: CAESB, 2019. c. Disponível em: Processo SEI-GDF n. 00197-00005112/2018-25. Acesso em: 12 jan. 2020.

CAESB, Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Estudo de concepção para ampliação do sistema de abastecimento de água de Brasília**. Brasília: CAESB, 2020. Disponível em: Processo SEI-GDF n. 00197-00005112/2018-25. Acesso em: 12 jan. 2020.

CAPODEFERRO, M. W.; SMIDERLE, J. J.; OLIVEIRA, L. A. D.; DINIZ, D. T. L. Mecanismos adotados pelo Distrito Federal no combate à crise hídrica. **XXXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental**, Guayaquil, 2018.

CAVALCANTI, B. S.; MARQUES, G. R. G. Recursos hídricos e gestão de conflitos: A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir da crise hídrica de 2014-2015. **Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa**, Lisboa, Portugal, v. 15, n. 1, p. 04-16, 2016.

CBH GUANDU, Comitê de Bacia Hidrográfica do Guandu. **Plano de contingência para abastecimento de água (Guandu)**. Rio de Janeiro: CBH Guandu, 2015.

CCH, Comitê de Crise Hídrica. **Plano de Contingência para Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – PCAA**. São Paulo: CCH, 2015.

CERH-MG, Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. **Deliberação Normativa CERH-MG. n. 49, de 25 de março de 2015. Estabelece diretrizes e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos**. Belo Horizonte: CERH-MG, 2015. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=37775>. Acesso em: 5 jan. 2020.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Risco de Acidente de Origem Tecnológica Método para decisão e termos de referências. Norma Técnica P4.261**. São Paulo: CETESB, 2014. Disponível em: <https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/normas/11/2013/11/P4261.pdf>. Acesso em: 24 out. 2019.

CODEPLAN, Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Caracterização urbana e ambiental unidade de planejamento territorial Oeste**. Brasília, DF: CODEPLAN, 2017. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Estudo-Urbano-Ambiental-Unidade-de-Planejamento-Territorial-UPT-OESTE.pdf>. Acesso em: 2 out. 2019.

CODEPLAN, Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios**. Brasília: CODEPLAN, 2018. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br/pdad-2018/>. Acesso em: 30 set. 2019.

CODEPLAN, Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Catalogo de Mapas da Codeplan**. 2019. Disponível em: <http://catalogo.codeplan.df.gov.br/>. Acesso em: 1 set. 2020.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA**. Brasília: CONAMA, 1986. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf. Acesso em: 29 jun. 2020.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357/2005. 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**. Brasília: CONAMA, 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 25 ago. 2020.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: Debating an emerging paradigm. **Global Environmental Change**, Amsterdam, v. 22, n. 1, p. 94–102, 2012.

COSO, Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission. **Enterprise Risk Management-Integrated FrameworkGuide for Finance and Information Technology Professionals**. Washington, USA: COSO, 2004. Disponível em: <https://www.coso.org/Documents/COSO-ERM-Executive-Summary.pdf>. Acesso em: 29 out. 2019.

CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; CAMARGO, M. P.; KLAJN, F. F.; FEIDEN, A. Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais**, São Paulo, v. 13, n. 5, p. 3821–3830, 2014.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DINIZ, D. T. L.; FREITAS, E. Y.; SANTOS, V. R. L.; VAN DEN BEUSCH, C. H. S.; SANTOS, P. A. S.; PEIXOTO, J. V. B.; RAMOS, A. E. Governança para o enfrentamento da crise. In: LIMA, J. E. F. W.; FREITAS, G. K.; PINTO, M. A. T.; SALLES, P. S. B. A. (Eds.). **Gestão da crise hídrica 2016-2018: experiências do Distrito Federal**. Brasília, DF: Adasa: Caesb: Seagri: Emater, 2018. p. 65–73.

DISTRITO FEDERAL. **Lei n. 512 de 28 de julho de 1993. Dispõe sobre a Política de Recursos Hídricos no Distrito Federal, institui o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos – SIGRH – DF e dá outras providências**. Brasília: CLDF, 1993. a. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/SINJ/Norma/48471/Lei_512_28_07_1993.html. Acesso em: 22 jul. 2019.

DISTRITO FEDERAL. **Lei Orgânica do Distrito Federal**. Brasília: CLDF, 1993. b. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/DetalhesDeNorma.aspx?id_norma=66634. Acesso em: 22 jul. 2019.

DISTRITO FEDERAL. **Lei n. 2.725, de 13 de junho de 2001. Institui a Política de Recursos Hídricos e cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal**.

Brasília: CLDF, 2001. Disponível em: http://www.tc.df.gov.br/sinj/DetalhesDeNorma.aspx?id_norma=50682. Acesso em: 19 jan. 2019.

DISTRITO FEDERAL. **Lei Distrital n. 4.285, de 26 de dezembro de 2008. Reestrutura a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal – ADASA/DF, dispõe sobre recursos hídricos e serviços públicos no Distrito Federal e dá outras providências.** Brasília: CLDF, 2008. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/legislacao/leis-distritai>. Acesso em: 13 jan. 2019.

DISTRITO FEDERAL. **Plano Integrado de Enfrentamento à Crise Hídrica (PICH).** Brasília: GDF, 2017. a. Disponível em: <http://www.sema.df.gov.br/plano-integrado-de-enfrentamento-a-crise-hidrica-2/>. Acesso em: 13 jan. 2019.

DISTRITO FEDERAL. **Plano Distrital de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDSB).** Brasília: GDF, 2017. b. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/plano-distrital-de-saneamento-basico-e-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>. Acesso em: 30 jan. 2019.

DISTRITO FEDERAL. **Infraestrutura de dados espaciais: Geoportal.** Brasília: SEDUH, 2019. a. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/#>. Acesso em: 2 out. 2019.

DISTRITO FEDERAL. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (ZEE).** Brasília: SEMA, 2019. b. Disponível em: www.zee.df.gov.br. Acesso em: 17 dez. 2019.

DUARTE, C. G.; DIBO, A. P. A.; SÁNCHEZ, L. E. What does the academic research say about impact assessment and environmental licensing in Brazil? **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 261–292, 2017.

EPA, United States Environmental Protection Agency. **About Risk Assessment.** 2019. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/about-risk-assessment#whatisrisk>. Acesso em: 24 out. 2019.

FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; MELO, M. C.; BERNARDELI, M. A. F.; SILVA, P. D. Modelo conceitual e metodológico para análise qualitativa da segurança hídrica no abastecimento público de áreas urbanas. **Relatório final do Grupo de Pesquisa “Água, Gestão e Segurança Hídrica em tempos de Mudanças Ambientais Globais”**, Rio de Janeiro, 2017.

FREITAS, E. Y.; SANTOS, V. R. L.; OLIVEIRA, K. Q.; MATSUNAGA, T. T. F. M.; COSSENZO, C. L.; CÁCERES, P. S.; TORRES, I. P.; MORTARI, D.; VAZQUEZ FILHO, J. W.; SALLES, P. S. B. A.; LIMA, J. E. F. W. Ações Regulatórias. In: LIMA, J. E. F. W.; FREITAS, G. K.; PINTO, M. A. T.; SALLES, P. S. B. A. (Eds.). **Gestão da crise hídrica 2016-2018: experiências do Distrito Federal.** Brasília, DF: Adasa: Caesb: Seagri: Emater, 2018. p. 85–93.

FREITAS, G. K.; SALLES, P. S. B. A. Crise hídrica e os objetivos de desenvolvimento sustentável. In: LIMA, J. E. F. W.; FREITAS, G. K.; PINTO, M. A. T.; SALLES, P. S. B. A. (Eds.). **Gestão da crise hídrica 2016-2018: experiências do Distrito Federal.** Brasília, DF: Adasa: Caesb: Seagri: Emater, 2018. p. 297–307.

FÜSSEL, H. M. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. **Global Environmental Change**, Potsdam, Germany, v. 17, n. 2, p. 155–167, 2007.

GERLAK, A. K.; HOUSE-PETERS, L.; VARADY, R. G.; ALBRECHT, T.; ZÚÑIGA-TERÁN, A.; DE GRENADE, R. R.; COOK, C.; SCOTT, C. A. Water security: A review of place-based research. **Environmental Science and Policy**, Netherlands, v. 82, n. October 2017, p. 79–89, 2018.

GOUVEIA, C. G. N.; ALMEIDA, M. E.; ALMEIDA, C. A.; ITONAGA, L. C. H. Rodízio do fornecimento de água do meio urbano. In: LIMA, J. E. F. W.; FREITAS, G. K.; PINTO, M. A. T.; SALLES, P. S. B. A. (Eds.). **Gestão da crise hídrica 2016-2018: experiências do Distrito**

Federal. Brasília, DF: Adasa: Caesb: Seagri: Emater, 2018. p. 183–190.

GUIMARÃES, M. B. **Crise hídrica e gestão integrada de bacia hidrográfica: a bacia do santa maria da vitória-ES**. Florianópolis: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

HÉLLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 3. ed. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG, 2016.

HOEKSTRA, A. Y.; BUURMAN, J.; VAN GINKEL, K. C. H. Urban water security: A review. **Environmental Research Letters**, Bristol, United Kingdom, v. 13, n. 5, p. 15, 2018.

IBRAM, Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal. **Instrução normativa n. 5, de 22 de janeiro de 2014**. Brasília: IBRAM, 2014.

ICMBIO, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo da APA Bacia do Rio Descoberto**. Brasília: ICMBio, 2014. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado/unidades-de-conservacao-cerrado/2055-apa-da-bacia-do-rio-descoberto>. Acesso em: 5 set. 2020.

ICMBIO, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Brasília: Planejamento**. Brasília: ICMBio, 2016. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado/unidades-de-conservacao-cerrado/2070-flona-de-brasilia?highlight=WyJicmFzXHUwMGVkbGhhIIO=>. Acesso em: 5 set. 2020.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2017: Resumo Executivo Anual**. Belo Horizonte: Igam, 2018. Disponível em: <http://10.47.16.18:8080/jspui/handle/123456789/2336>. Acesso em: 20 maio. 2020.

IPCC, International Panel of Climate Change. **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the intergovernmental panel on climate change**. Nova York, US: IPCC, 2012.

ISO, International Organization for Standardization. **ISO 31000 Risk management — Principles and guidelines**. Switzerland: ISO, 2009.

JANCZURA, R. Risco ou vulnerabilidade social. **Textos e Contextos**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 301–308, 2012.

LEOPOLD L.B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. **Procedure for evaluating environmental impact** US Geological Survey Circular. Washington, D.C: U.S. Geological Survey, 1971.

MACHADO, F. H. **Proposição de indicadores de segurança hídrica: seleção, validação e aplicação na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, Jundiá - SP, Brasil**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Sorocaba, 2018.

MARANDOLA, E. Tangenciando a vulnerabilidade. In: HOGAN, D. J.; MARANDOLA, E. (Eds.). **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. Campinas, SP: NEPO/Unicamp, 2009. p. 29–52.

MELO, M. C. **Segurança hídrica para abastecimento urbano: proposta de um modelo analítico e aplicação na bacia do rio das velhas, MG**. 2016. 525 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

MELO, M. C.; JONHSSON, R. M. F.; AZEVEDO, J. P. S.; AQUINO, F.; MENDES, R. S. **Avaliação da segurança hídrica associada aos mananciais de abastecimento: sistema Paraopeba-MG**. Florianópolis: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

- MELO, M. C.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; AZEVEDO, J. P. S.; NASCIMENTO, N. O.; MACHADO, F. L. V.; PACHECO, F. A. L.; FERNANDES, L. F. S. A raw water security risk model for urban supply based on failure mode analysis. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 593, n. November 2020, p. 18, 2020.
- MELO, M. C.; JONHSSON, R. M. F. O conceito emergente de segurança hídrica. **Sustentare**, Três Corações, v. 1, n. ago/dez, p. 72–92, 2017.
- MONTEIRO, A. S. C.; NASCIMENTO, R. S.; SALES, J. M. J.; SILVA, I. S. S.; AGUIAR-NETO, A. O. **Qualidade da água do rio São Francisco e Jacaré por meio de análise multivariada**. Foz do Iguaçu: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.
- MUHLHOFER, S. I.; VASCONCELOS, E. F. S. V. Expansão e integração dos sistemas de abastecimento. In: LIMA, J. E. F. W.; FREITAS, G. K.; PINTO, M. A. T.; SALLES, P. S. B. A. (Eds.). **Gestão da crise hídrica 2016-2018: experiências do Distrito Federal**. Brasília, DF: Adasa: Caesb: Seagri: Emater, 2018. p. 215–227.
- MUKAKA, M. Statistics Corner: A Guide to Appropriate Use of Correlation Coefficient in Medical Research. **Malawi Medical Journal**, PMID: 23638278, v. 24, n. 3, p. 69–71, 2012.
- MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; RANGEL, L. P.; MALAQUIAS, J. V. M. **Uso de Técnicas estatísticas multivariadas na avaliação da qualidade da água de corpos hídricos do Distrito Federal**. Foz do Iguaçu: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. 1. ed. Belo Horizonte, MG: CPRM, 2007.
- NEVES, G.; CARVALLHO, D. M.; VASCONCELOS, V.; MARTINS, E. S.; COUTO JUNIOR, A. F. C. **Padrões das mudanças da cobertura da terra no contexto das grandes bacias hidrográficas do Distrito Federal**. Brasília: CODEPLAN, 2017.
- NOGUEIRA, M. A. R. B.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; RABER, W. Vulnerabilidade da disponibilidade hídrica para abastecimento público às variabilidades climáticas: uma proposta metodológica para o caso da ETA Guandu. **XIVth IWRA World Water Congress**, França, p. 1–16, 2011. Disponível em: <https://www.iwra.org/member/congress/resource/PAP00-6030.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2019.
- OCDE, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Studies on Water: Water Security for better lives**. Paris: OCDE, 2013. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1787/9789264202405-em>. Acesso em: 28 maio. 2019.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **Water Security & the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief**. Ontario, Canada: United Nations University Institute for Water, Environment & Health (UNU-INWEH), 2013.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **Water Security and the Sustainable Development of Henan**. Paris, França: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 2019. n. 01
- PEREIRA, U. A.; ITONAGA, L. C. H. Infraestrutura de abastecimento de água do Distrito Federal. In: LIMA, J. E. F. W.; FREITAS, G. K.; PINTO, M. A. T.; SALLES, P. S. B. A. (Eds.). **Gestão da crise hídrica 2016-2018: experiências do Distrito Federal**. Brasília: Adasa: Caesb: Seagri: Emater, 2018. p. 51–59.
- PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Em busca da gestão de recursos hídricos para a cidade resiliente. **Revista DAE**, São Paulo, v. 62, n. 195, p. 6–11, 2014. Disponível em: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/dae.2014.124>. Acesso em: 24 fev. 2020.
- RAISER, J. R. **Proposição de diretrizes de segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio**

- Meia Ponte com foco no abastecimento da Região Metropolitana de Goiânia/Goiás.** 2019. 243f. Dissertação. (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Ilha Solteira, 2019.
- SALLES, P. S. B. A.; FREITAS, G. K.; LIMA, J. E. F. W. Experiências Adquiridas em busca da Segurança Hídrica. In: LIMA, J. E. F. W.; FREITAS, G. K.; PINTO, M. A. T.; SALLES, P. S. B. A. (Eds.). **Gestão da crise hídrica 2016-2018: experiências do Distrito Federal.** Brasília: Adasa: Caesb: Seagri: Emater, 2018. p. 311–325.
- SANCHES, M. C.; YOUNG, R. E.; RAMOS, A. N.; CARILHO, A. Estruturação e implementação da gestão de riscos operacionais no processo de distribuição de água da região metropolitana de São Paulo (RMSP). **Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente (AESABESP)**, São Paulo, SP, p. 1–7, 2016.
- SANTOS, B. B. M. Segurança Hídrica da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: contribuições para o debate. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 41, p. 103–120, 2016.
- SILVA, P. R. S. **Avaliação qualitativa da segurança hídrica do abastecimento de municípios fluminenses na bacia do rio Pomba.** 2017. 157 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- SILVA, S. M. O.; CAMELO, D. A. C.; SOUZA FILHO, F. A.; XAVIER, L. C. P. **Avaliação da segurança hídrica em cidades: o caso de fortaleza - Bacia do Rio Jaguaribe.** Florianópolis: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.
- SMIT, B.; WANDEL, J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. **Global Environmental Change**, Ontario, Canada, v. 16, n. 3, p. 282–292, 2006.
- SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2018.** Brasília, DF: SNIS, 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>. Acesso em: 26 ago. 2019.
- TNC, The Nature Conservance. **Pré-processamento digital de imagens e mapeamento do uso do solo na bacia do alto descoberto. Relatório de mapeamento de uso do solo.** Brasília, DF: TNC, 2019.
- TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. B.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio das velhas, estado de minas gerais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Brasil, v. 22, n. 1, p. 13–24, 2017.
- TUCCI, C. M.; CHAGAS, M. F. Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, Brasil, v. 14, n. 1, p. 1–16, 2018.
- UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina. **Gestão de desastres e ações de recuperação.** Florianópolis: UFSC, 2014.
- VON SPERLING, M; **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.
- WILHITE, D. A.; HAYES, M. J.; KNUTSON, C.; SMITH, K. H. Planning for Drought: Moving From Crisis To Risk Management. **Journal of the American Water Resources Association**, Nebraska, v. 36, n. 4, p. 697–710, 2000. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/33>. Acesso em: 6 jul. 2020.
- YOHE, G.; TOL, R. S. J. Indicators for social and economic coping capacity - Moving toward a working definition of adaptive capacity. **Global Environmental Change**, Hamburg, Germany, v. 12, n. 1, p. 25–40, 2002.

GLOSSÁRIO

Ações de gerenciamento – são intervenções do sistema de gerenciamento integrado de gestão de recursos hídricos e do sistema de gestão ambiental que permitem prevenir a ação e mitigar e controlar os efeitos dos estressores sobre a água bruta, visando a garantir assim que os riscos permaneçam em níveis aceitáveis associados à segurança hídrica (MELO, 2016).

Ano hidrológico: período compreendido entre os meses de outubro a setembro (ADASA, 2019a).

Disponibilidade hídrica – parcela da potencialidade da água superficial ou subterrânea que pode ser utilizada para diferentes finalidades (ADASA, 2019a).

Estressor – fator que pode induzir a um efeito adverso na segurança hídrica, em termos de quantidade ou de qualidade de água, o que pode impactar subsistemas componentes do sistema de abastecimento público (EPA, 2019; MELO, 2016);

Efeito: é a consequência da ação de um estressor (MELO, 2016);

Estiagem: fenômeno natural, sazonal, que ocorre quando há um período de tempo sem a ocorrência de chuvas, correspondendo a estação seca do ano, no caso do DF, verifica-se nos meses de maio a setembro. Caso ocorra por um período de tempo muito longo e afete de forma generalizada os usuários da água da região, constitui-se uma seca (ADASA, 2019a; ANA, 2013);

Escassez hídrica: situação crítica de baixa disponibilidade hídrica. Diferencia-se basicamente do termo seca pela abrangência espacial: enquanto este deve ser usado preferencialmente quando se trata de grandes áreas ou mesmo uma bacia hidrográfica em sua totalidade, o termo escassez permite uma abordagem local do problema, mais adequada, portanto, à análise de trechos de rios e reservatórios (ANA, 2013; CERH-MG, 2015);

Mudança climática: mudança no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, usando testes estatísticos) por mudanças na média e / ou a variabilidade de suas propriedades e que persiste por um período prolongado, tipicamente décadas ou mais. As mudanças climáticas podem ser devidas a processos internos naturais ou forçamentos externos, ou a mudanças antropogênicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso da terra (ANA, 2016);

Outorga de direitos de uso de recursos hídricos – ato administrativo mediante o qual facultar-se ao outorgado o direito de uso de recursos hídricos, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato (CONAMA, 1986).

Período chuvoso: período no qual é verificada a ocorrência de precipitações, geralmente entre os meses de outubro a abril (ADASA, 2019a);

Período seco: período de estiagem compreendido entre o mês de maio até o mês de setembro (ADASA, 2019a);

Racionamento – entende-se este como qualquer ação adotada pelo prestador de serviços de abastecimento de água que vise à restrição da oferta de água ao usuário, podendo ser implementada por meio de rodízio no fornecimento, redução na pressão ou tarifa de contingência (ADASA, 2017);

Resiliência – pode ser definido como a capacidade de um sistema e seus componentes de antecipar, absorver, acomodar ou recuperar-se dos efeitos de um evento de maneira oportuna e eficiente, inclusive garantindo a preservação, restauração ou melhoria de suas estruturas e funções básicas essenciais (ANA, 2016)

Risco – pode ser definido como a probabilidade de ocorrência de efeitos combinados de estressores, naturais ou antrópicos, com prejuízos mensuráveis ao abastecimento urbano em termos da quantidade ou da qualidade de água bruta (ISO, 2009; CETESB, 2014, MELO, 2016; EPA, 2019).

Seca: 1. evento hidrológico crítico que se inicia a partir da ocorrência de anomalias negativas de precipitação em relação à sua condição média ou normal, considerando-se as normais climatológicas disponíveis, podendo atingir qualquer local, em qualquer época do ano, seja na estação seca ou na estação chuvosa, uma vez que está associada à climatologia daquela determinada localidade. 2. ausência prolongada, deficiência acentuada ou fraca distribuição de precipitação. 3. Período de tempo seco, suficientemente prolongado, para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico. 4. Do ponto de vista meteorológico, a seca é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes (ANA, 2013, 2020);

Vazão de referência – aquela que representa a disponibilidade hídrica do curso de água, associada a uma probabilidade de ocorrência (ANA, 2013);

Vazão de referência Q_{90} – vazão determinada estatisticamente, para um certo período de observação num posto fluviométrico, correspondente a uma probabilidade de que naquela seção do curso d'água as vazões serão 90% do tempo maiores do que esta (ANA, 2013);

Vazão outorgada – corresponde a vazão disponibilizada aos usuários solicitantes por meio de ato administrativo mediante o qual faculta-se ao usuário o direito de uso de recursos hídricos, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato de outorga (ANA, 2013);

Vazão outorgável – constitui o valor máximo passível de outorga num corpo hídrico e equivale, no DF, a 80% da vazão de referência ou até 90% no caso de uso para abastecimento humano (ADASA, 2006);

Vulnerabilidade – susceptibilidade dos componentes de um sistema de abastecimento de água à ação de estressores que podem impactar a quantidade ou qualidade de água bruta ou tratada. Vulnerabilidade é função das características intrínsecas de um componente, tais como sua integridade funcional e sua robustez, e do grau de exposição e da sensibilidade à ação do estressor (BRASIL, 2009).

APÊNDICE A – PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Com o propósito de analisar como os termos “segurança hídrica” e “segurança hídrica para abastecimento urbano” têm sido conceituados e abordados na literatura, bem como os modelos adotados para sua avaliação, foi realizada pesquisa bibliográfica por meio do levantamento sistemático de artigos científicos e demais trabalhos acadêmicos nas principais bases de dados e bibliotecas disponíveis no Brasil.

Foram adotadas as seguintes etapas para o levantamento: (1) identificação dos descritores; (2) buscas nas bases e bibliotecas eletrônicas; (3) filtragem das publicações e (4) análise dos documentos.

A.1 - Identificação dos descritores

Para a identificação dos descritores (etapa 1), realizou-se buscas elegendo-se a expressão: “segurança hídrica” como ponto de partida para a identificação de outros descritores que pudessem ser utilizados. A principal preocupação foi selecionar descritores relevantes e expressivos visto que esses são recursos essenciais para resultados coerentes com o tema em questão. Após essa identificação foram utilizados os seguintes descritores em português: "segurança hídrica", "crise hídrica", "escassez hídrica"; e em inglês: “water security” e “water supply”.

A.2 - Buscas nas bases e bibliotecas eletrônicas

As buscas nas bases de dados (etapa 2) foram feitas, principalmente, por intermédio do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Nesse portal, foram selecionadas as seguintes bases: Scopus (Elsevier); SciELO; OneFile (GALE); Directory of Open Access Journals (DOAJ); ScienceDirect Journals (Elsevier); Engineering Research Database.

As buscas foram complementadas utilizando-se outras bases, sendo: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES) e Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos da Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH).

A.3 - Filtragem das publicações

Para a filtragem das publicações (etapa 3) foram utilizados os operadores booleanos *and* e *not* e o recorte temporal de 2009 a 2019, visando possibilitar o levantamento de estudos mais atuais sobre o tema, sendo identificados o total de 799 trabalhos, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da etapa 3 da pesquisa bibliográfica

Base de dados	Descritores	Encontrados
Portal Capes*	"segurança hídrica"	52
	"crise hídrica"	119
	“water security” and “water supply”	510
BDTD	"segurança hídrica"	51
Banco de Teses da Capes	"segurança hídrica"	53
Anais do XXII Simpósio da ABRH	"segurança hídrica"	4
	"crise hídrica"	7
	"escassez hídrica"	3
Total		799

Nota: * Bases de dados do Portal Capes: Scopus (Elsevier); SciELO; OneFile (GALE); Directory of Open Access Journals (DOAJ); ScienceDirect Journals (Elsevier); Engineering Research Database;

Fonte: o autor

A.4 - Análise dos documentos

Na sequência, realizou-se a análise dos documentos (etapa 4) por meio da pré-seleção de 144 estudos, incluindo 64 artigos, 13 dissertações e 7 teses, tendo por base a leitura dos títulos, resumos e palavras-chaves. Foi realizada busca complementar nos sítios eletrônicos da Adasa, Caesb e demais entidades governamentais para seleção de relatórios e normas relacionadas à gestão de recursos hídricos e de saneamento básico. Essa busca resultou na seleção de 41 relatórios, 14 Leis/Normas e 5 livros.

Daqueles pré-selecionados, realizou-se leitura completa/parcial, sendo selecionadas 96 referências em definitivo, representando aquelas com maior aderência ao tema em estudo. O resultado da etapa 4 da pesquisa bibliográfica está sintetizado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da etapa 4 da pesquisa bibliográfica

Tipo	Encontrados	Pré-selecionados	Selecionados
Artigos (pt)	185	53	20
Artigos (en)	510	11	11
Dissertação	104	13	3
Tese		7	2
Relatórios/Estudos	-	41	41
Livro	-	5	5
Leis/Normas	-	14	14
Total	799	144	96

Fonte: o autor

APÊNDICE B – ANÁLISE DE MODELOS DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA HÍDRICA PARA ABASTECIMENTO URBANO

B.1 – Seleção dos trabalhos

A partir da pesquisa bibliográfica descrita no Apêndice A, foram selecionados 8 (oito) trabalhos que abordam a temática da segurança hídrica para abastecimento urbano com mais aderência aos objetivos propostos por esta pesquisa. Os modelos de avaliação da segurança hídrica propostos ou utilizados pelos autores foram analisados em termos de: objetivo geral; metodologia; estressores da bacia hidrográfica; análise de vulnerabilidade do sistema de abastecimento; vantagens e limitações. Os resultados desta análise constam na Tabela 1.

B.2 – Resultados da avaliação

Constatou-se que não existe uniformidade metodológica para avaliação da segurança de sistemas urbanos de abastecimento, sendo que os estudos realizam o diagnóstico dos sistemas por indicadores, tais como de oferta de água, demanda, perdas na distribuição, transposição de sistemas, qualidade físico-química da água, uso e ocupação do solo, pluviometria, fluviometria, dentre outros.

Dentre os estudos analisados, apenas três (MELO, 2016; SILVA, 2017 e BERNARDERLI, 2017) utilizaram-se dos conceitos da gestão de risco para avaliação dos fatores de insegurança dos sistemas de abastecimento urbano, de forma a identificar a exposição e as vulnerabilidades associadas aos efeitos adversos dos estressores, necessária ao melhor direcionamento e priorização de ações de gestão.

Tabela 1 – Análise comparativa dos principais modelos de avaliação da segurança hídrica para abastecimento

N	Estudo	Metodologia Utilizada	Estressores	Vulnerabilidade do SAA	Vantagens	Limitações
1	MELO, M. C. Segurança hídrica para abastecimento urbano: proposta de um modelo analítico e aplicação na bacia do rio das velhas, MG. 2016. 525 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.	Modelo conceitual proposto pela autora, baseado em estressores da bacia hidrográfica e nas vulnerabilidades do SAA.	Avaliação de riscos quantitativa por meio do método (FMEA - Failure Mode and Effect Analysis) para os estressores: Pressão sobre as condições ambientais da bacia; Demanda por água; Poluentes ordinários; Poluentes acidentais; Eventos hidrológicos extremos;	- Avaliada de forma qualitativa para as seguintes situações: escassez crônica e aguda; poluição crônica; poluição acidental; inundação;	- Bacia hidrográfica como unidade de gestão; - Avaliação de riscos quantitativa; - Análise da vulnerabilidade do SAA aos estressores da bacia hidrográfica; - Escala de risco com 3 graus, o que aumenta a sensibilidade da avaliação;	- Avaliação da vulnerabilidade restrita aos subsistemas de captação e tratamento; - Não considera a disponibilidade hídrica subterrânea.
2	SILVA, P. R. Avaliação qualitativa da segurança hídrica do abastecimento de municípios fluminenses na bacia do rio Pomba. 2017. 157 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017	Modelo adaptado de Formiga-Johnsson et al (2017), baseado em estressores da bacia hidrográfica e nas vulnerabilidades do SAA.	Avaliação de riscos qualitativa para os estressores: Pressão sobre as condições ambientais da bacia; Demanda por água; Eventos hidrológicos extremos; Acidentes Ambientais; Carga poluidora;	- Avaliada de forma qualitativa para as seguintes situações: normalidade hidrológica, seca, cheia e acidentes ambientais;	- Bacia hidrográfica como unidade de gestão; - Análise da vulnerabilidade do SAA aos estressores da bacia hidrográfica;	- Certo grau de subjetividade da avaliação de riscos e da vulnerabilidade de forma qualitativa; - Avaliação da vulnerabilidade restrita aos subsistemas de captação e tratamento; - Não considera a disponibilidade hídrica subterrânea.
3	BERNARDELI, M. A. F. Bacia do córrego São João e segurança hídrica do abastecimento urbano do município de Porto Nacional-TO. 2017. 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2017.	Modelo adaptado de Formiga-Johnsson et al (2017), baseado em estressores da bacia hidrográfica e nas vulnerabilidades do SAA	Avaliação de riscos qualitativa para os estressores: Pressão sobre as condições ambientais da bacia; Demanda por água; Eventos hidrológicos extremos; Acidentes Ambientais; Carga poluidora;	- Avaliada de forma qualitativa para as seguintes situações: normalidade hidrológica, seca, cheia;	- Bacia hidrográfica como unidade de gestão; - Análise da vulnerabilidade do SAA aos estressores da bacia hidrográfica;	- Certo grau de subjetividade da avaliação de riscos e da vulnerabilidade de forma qualitativa; - Avaliação da vulnerabilidade restrita aos subsistemas de captação e tratamento; - Não considera a disponibilidade hídrica subterrânea;

N	Estudo	Metodologia Utilizada	Estressores	Vulnerabilidade do SAA	Vantagens	Limitações
4	SILVA, S. M. O.; CID, D. A. C.; SOUZA FILHO, F. A.; XAVIER, L. C. P. Avaliação da segurança hídrica em cidades: o caso de fortaleza - Bacia do Rio Jaguaribe. Florianópolis: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.	Modelo integrado de gestão de águas urbanas pautado em uma matriz de fontes alternativas de abastecimento e gestão da demanda hídrica	- Não avalia diretamente os estressores da bacia hidrográfica;	- Análise da vulnerabilidade do sistema de abastecimento pelos critérios de frequência de falha das demandas e a acumulação dos reservatórios utilizando um modelo de rede de fluxo para a simulação do sistema hídrico.	- Integração dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana; - Flexibilização dos sistemas por meio de diversas fontes de oferta hídrica;	- Modelo aplicado somente para sistemas com reservatórios de acumulação; - Abordagem muito ampla sem especificar as ações necessárias a gestão integrada das águas urbanas;
5	MACHADO, F. H. Proposição de indicadores de segurança hídrica: seleção, validação e aplicação na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, Jundiá - SP, Brasil. 2018. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Sorocaba, 2018.	Seleção, validação e aplicação de indicadores ambientais propostos pelo autor por meio de consultas a especialistas	Avaliação dos indicadores: oferta de água; reservatório de água; rede de distribuição; perda de água potável; transposição de água; qualidade físico-química e biológica da água; e políticas públicas.	- Não avaliada.	- Seleção de indicadores por meio de consulta a especialistas; - Análise estatística e correlação entre os indicadores; - Diretrizes de gestão por meio do modelo Força motriz/Pressão/Estado/Impacto/Resposta (FPEIR);	- Ausência de avaliação de risco e de vulnerabilidades associadas; - Não considera a disponibilidade hídrica subterrânea;
6	RAISER, J. R. Proposição de diretrizes de segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Meia Ponte com foco no abastecimento da Região Metropolitana de Goiânia/Goiás. 2019. 243f. Dissertação. (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Ilha Solteira, 2019.	Proposição de diretrizes de segurança hídrica a partir de diagnóstico da bacia hidrográfica	Avaliação dos indicadores: população dependente da bacia; uso e ocupação do solo; pluviometria e fluviometria; uso dos recursos hídricos; evento crítico;	- Não avaliada.	- Bacia hidrográfica como unidade de gestão; - Análise da situação atual, ações e resultados esperados para cada estressor; - Priorização para implementação das ações de gestão;	- Ausência de avaliação de risco e de vulnerabilidades associadas; - Ausência de critérios claros de definição da criticidade dos estressores; - Não considera a disponibilidade hídrica subterrânea;

N	Estudo	Metodologia Utilizada	Estressores	Vulnerabilidade do SAA	Vantagens	Limitações
7	TUCCI, C. M.; CHAGAS, M. F. Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais . Revista de Gestão de Água da América Latina, Porto Alegre, Brasil, v. 14, n. 1, p. 1–16, 2018.	Diagnóstico da segurança hídrica do Estado de Minas Gerais a partir da análise dos eventos de inundações, disponibilidade hídrica; qualidade da água e desastres de obras hidráulicas;	Estressores: ocupação da área de risco, demanda e poluição das águas	- Analisa as fontes de vulnerabilidade econômica, social, ambiental; pressão da sociedade no meio ambiente; incertezas na variabilidade das séries hidrológicas;	- Avalia a segurança hídrica em termos de gestão de risco da escassez da água e das inundações para a sociedade, meio ambiente e economia; - Propõe um plano de ação de segurança hídrica, baseado em ações emergenciais, de curto, médio e de longo prazo;	- Grande amplitude das ações propostas o que dificulta a implementação por parte dos órgãos gestores;
8	ANA, Agência Nacional de Águas. Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) . Brasília, DF. 2019. Disponível em: < http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf >. Acesso em: 4 ago. 2019.	Aplicação de Índice de segurança hídrica (ISH), seleção de intervenções estratégicas e proposição de programas de segurança hídrica (PSH)	Demanda para abastecimento urbano; demanda para irrigação e pecuária; Garantia da qualidade e quantidade de água para usos ecossistêmicos; evento hidrológicos extremos;	- Avaliada de forma ampla.	- Estabelecimento de um índice de segurança hídrica (ISH) para cada dimensão; - Análise das 4 dimensões da segurança hídrica: humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência;	- Grande amplitude de análise não permite identificar pequenos sistemas que são mais vulneráveis; - Proposta de aumento da segurança hídrica muito baseado em obras de infraestrutura com pouco foco em ações de gerenciamento e gestão de risco;

Legenda: SAA: Sistema de abastecimento de água

APÊNDICE C – ESTRESSORES DA ÁGUA BRUTA DO MANANCIAL DE ABASTECIMENTO

O impacto sobre a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica e, em consequência, no manancial (superficial e subterrâneo) em termos quantitativos e qualitativos da água é resultado da ação de estressores da água bruta. Para este estudo o termo “estressor” é definido como fator indutor de estresses sobre a quantidade ou qualidade da água bruta superficial no ponto de captação, podendo, eventualmente, ocasionar interrupções no sistema de abastecimento urbano de água tratada (BERNARDELI, 2017; MELO, 2016; SILVA, 2017).

Os estressores propostos por Melo (2016) para aplicação na Bacia do Rio das Velhas/MG e adaptados para este estudo, foram: (i) Demanda por água; (ii) Estiagem/Seca; (iii) Poluentes ordinários; (iv) Poluentes acidentais e; (v) Pressão sobre as condições ambientais. Os itens a seguir apresentam a caracterização destes estressores, bem como estudos da literatura que tem abordado a quantificação de seus efeitos/impactos adversos na bacia hidrográfica.

C.1 - Demanda por água

C.1.1 – Definições

No Brasil, a demanda por uso de recursos hídricos é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. A previsão é que a retirada aumente 24% até 2030. O crescimento das demandas hídricas no Brasil, para uso na irrigação, no abastecimento humano, criação de animais, geração de energia, mineração dentre outros, contribui para o aumento do estresse hídrico nas bacias hidrográficas (ANA, 2018).

No Distrito Federal, os dois principais usos da água são o abastecimento público e a irrigação. A demanda total de captação para uso urbano é de, aproximadamente, 7.000 L/s (220 milhões de m³/ano), enquanto o setor agrícola representa uma demanda de 5.850 L/s (185 milhões de m³/ano) (LIMA et al., 2018).

O estressor “Demanda por água” pode se apresentar sob a forma de conflito pelo uso de recursos hídricos provocado, podendo ser considerado um fator de estresse quantitativo facilmente detectável, tendo em vista os alertas emitidos pelos irrigantes e pelos usuários urbanos quando da ausência de disponibilidade de água que garante todos os usos estabelecidos nas outorgas emitidas. Embora em menor intensidade, pode ocasionar também efeito qualitativo, devido a diminuição das vazões dos corpos hídricos, com conseqüente redução da capacidade de autodepuração (MELO, 2016).

C.1.2 – Abordagem do estressor na literatura

Para controle da demanda pela água é necessária a emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos, utilizando-se como critério, dentre outros, as vazões de curva de referência. Essa abordagem consiste em ordenar as vazões da maior para menor e identificar a vazão que é superada em uma porcentagem grande do tempo. Esta porcentagem do tempo é usualmente denominada garantia. O valor complementar à garantia, ou seja, o tempo em que esta não é satisfeita, é usualmente denominado de risco. A maioria dos usuários tolera um certo nível de risco. Por exemplo, a maior parte das culturas irrigadas pode tolerar alguns dias sem ser atendida. Já usuários como abastecimento público têm uma tolerância menor ao risco, ou seja, devem ser atendidos em uma porcentagem maior do tempo (ANA, 2013).

A ANA tem favorecido esta abordagem, por ser mais intuitiva tanto para o órgão gestor como para o usuário, que tem uma estimativa aproximada do risco de desatendimento a que está submetido e em geral compreende melhor o conceito subjacente à curva de permanência. Em geral, a ANA adota como vazão de referência a vazão que é superada em 95% do tempo (Q95%) uma vez que o risco de 5% é um valor médio entre os riscos que se considera toleráveis pelos diversos setores usuários (ANA, 2013).

A dimensão humana do Plano Nacional de Segurança Hídrica avaliou a garantia da oferta de água para o abastecimento das cidades do País, buscando **quantificar a população exposta a maiores riscos de não atendimento e identificar regiões críticas**. A avaliação da oferta de água foi realizada com base na **disponibilidade hídrica** dos mananciais superficiais e subterrâneos utilizados para abastecimento da população de cada sede municipal e na sua **capacidade de atendimento às demandas**. Mediante o balanço hídrico desses mananciais em cada ponto de captação, definiram-se os percentuais da população exposta a situações de desabastecimento. O cálculo do indicador utilizou também como fator restritivo, além do balanço hídrico, o nível de cobertura da rede urbana de distribuição de cada município, representativo do acesso à água pela população (ANA, 2019).

No contexto da dimensão humana, o índice de segurança hídrica para o Brasil resultou na identificação de 60,9 milhões de pessoas (34% da população urbana em 2017) que vivem em cidades com menor garantia de abastecimento de água. No horizonte de 2035, a população total em risco sobe para 73,7 milhões de pessoas. Da população em risco, a maior parte (cerca de 80%) está em situação de risco pós-déficit, ou seja, quando as fontes hídricas superficiais e subterrâneas não oferecem disponibilidade de água suficiente para o pleno atendimento às demandas. Uma parcela menor está em situação de risco iminente, risco esse que se eleva na medida em que a demanda se aproxima da disponibilidade (ANA, 2019).

O PRH Paranaíba-DF estimou as demandas para cada Unidade Hidrográfica correspondentes aos usos para abastecimento humano, irrigação, criação de animais, indústria e aquicultura. A soma de cada uso equivale a demanda da UH, considerada para estimativa do grau de comprometimento através do balanço hídrico. O balanço hídrico é uma ferramenta que permite analisar, para cada local, a relação entre as vazões demandadas e aquelas disponíveis na bacia, obtendo-se o grau de comprometimento de cada UH por meio da seguinte equação (ADASA, 2019):

$$\text{Grau de comprometimento}^{120} = \frac{\text{vazão necessária}}{\text{vazões disponíveis}} \quad (1)$$

Onde:

- vazão necessária: vazões demandas, estimadas a partir de cada uso ou vazão máxima outorgada, que considera que todos os usos estão utilizando o máximo autorizado.
- vazão disponível: vazão outorgável, que equivale a 80% da vazão média das mínimas mensais (Q_{mmm}), exceto no Rio Descoberto, onde corresponde a 50% deste valor.

¹²⁰ O Grau de Comprometimento estimado para cada cenário e cada UH foi classificado nas seguintes faixas: < 20% - Muito Baixo; 20% a 50% - Baixo; 50% a 70% - Médio; 70% a 90% - Alto; > 90% - Muito alto (ADASA, 2019).

As vazões disponíveis foram estimadas empregando-se as **curvas de regionalização**¹²¹ para cada UH em cada mês, realizada com as estações fluviométricas e os resultados da **simulação hidrológica (modelo HEC-HMS)**¹²², sendo que para a UH 9 – lago Paranoá, a vazão disponível é a vazão regularizada pelo lago Paranoá. De forma semelhante, para a UH 33 – Alto Rio Descoberto, a vazão disponível é a vazão regularizada pelo Lago Descoberto (ADASA, 2019).

Nos resultados do estudo, a situação mais crítica nas UHs foi observada no período de estiagem, em especial nos meses de agosto e setembro, logo no fim do período de estiagem e quando, em muitas UHs, a demanda de irrigação é mais alta. Identificou-se que o grau de comprometimento com as vazões outorgadas foi preocupante nas BHs Rio Paranoá, Descoberto e São Marcos. Na UH São Bartolomeu, as situações mais críticas são observadas nas UHs 4-Alto São Bartolomeu e 38-Rio Pipiripau (ADASA, 2019).

C.2 - Estiagem/Seca

C.2.1 – Definições

O ciclo hidrológico está diretamente vinculado às mudanças de temperatura da atmosfera e ao balanço de radiação. Com o aquecimento global da atmosfera, esperam-se, entre outras consequências, mudanças nos padrões da precipitação (aumento da intensidade e da variabilidade da precipitação), o que poderá afetar significativamente a disponibilidade e a distribuição temporal da vazão nos rios, quer negativamente, quer positivamente. Além de alterações nas disponibilidades médias, os eventos hidrológicos extremos, secas e enchentes, poderão tornar-se mais frequentes (ANA, 2016).

Evento hidrológico extremo ou evento crítico são extremos de seca ou cheia quando as chuvas e o escoamento superficial cessam por longos períodos ou ocorrem chuvas torrenciais que ultrapassam a capacidade dos cursos d'água provocando inundações. São fenômenos naturais que podem ser agravados pela intervenção humana no meio ambiente (ANA, 2018).

A seca se inicia a partir da ocorrência de anomalias negativas de precipitação em relação à sua condição média ou normal, considerando-se as normais climatológicas disponíveis, podendo atingir qualquer local, em qualquer época do ano, seja na estação seca ou na estação chuvosa, uma vez que está associada à climatologia daquela determinada localidade. São fenômenos difusos ou graduais, estendendo-se por um longo período como meses ou anos, o que implica em agravamento progressivo das adversidades, tendo em vista que seus efeitos podem se acumular (ANA, 2020).

A estiagem corresponde a um fenômeno natural, com caráter sazonal, que ocorre quando há um período de tempo sem a ocorrência de chuvas, correspondendo ao período seco do ano. No caso do DF, verifica-se nos meses de maio a setembro (ADASA, 2019; ANA, 2015).

Nesse sentido, para Olímpio (2017) é necessário distinguir as situações climáticas em que cada termo deve ser aplicado. A estiagem trata-se do período do ano no qual há uma redução das precipitações, contrapondo-se ao período chuvoso, enquanto a seca é definida a partir da intensidade da redução das precipitações de um período em relação aos valores normais

¹²¹ A regionalização de vazões consiste na transferência de informações de um local para outro dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante (ADASA, 2019).

¹²² Modelo HEC-HMS (Hydrology Engineering Center – Hydrologic Modeling Systems): modelo hidrológico chuva-vazão, desenvolvido pelo US Army Corps of Engineers (USACE), disponível para acesso em <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/downloads.aspx>. Foi calibrado com as séries disponíveis nas estações fluviométricas de monitoramento. A simulação hidrológica empregou dados diários de precipitação estimados para cada Unidade Hidrográfica, e foi construído com base em informações físicas da bacia, como declividade, comprimento dos trechos de rio, entre outros (ADASA, 2019).

precipitados para uma determinada região, sendo que estas condições normais são estabelecidas pela medição de uma série temporal representativa.

Wilhite e Glantz (1985) categorizaram as definições de seca em termos de quatro abordagens. As três primeiras abordagens tratam de formas de medir a seca como um fenômeno físico. A última trata da seca em termos de oferta e demanda, acompanhando os efeitos da escassez de água conforme esta se espalha pelos sistemas socioeconômicos, sendo:

- meteorológica: caracterizada pela falta de água induzida pelo desequilíbrio entre a precipitação e a evaporação;
- hidrológica: refere-se às deficiências no suprimento de água superficial ou subterrânea;
- agrícola: caracterizada pela falta de umidade que afeta o desenvolvimento e/ou a sobrevivência de culturas agrícolas, pastoris e florestais;
- socioeconômica: ocorre quando o déficit de água induz à falta de bens ou serviços (energia elétrica, alimentos e etc);

A definição do estado de seca é algo difícil e importante para o estabelecimento da política necessária ao planejamento e mitigação deste fenômeno, pois alerta para ações seguras como restrições da disponibilidade de água para os usuários e atuação do governo para programas de combate. A adoção de índices de seca auxilia na previsão e monitoramento dos períodos de seca através da determinação da intensidade, duração e a frequência com que este fenômeno ocorre. As metodologias de planos de preparação para seca são aplicadas por meio de ferramentas de auxílio à tomada decisão, baseadas nos índices de seca. Geralmente são empregados diversos índices de seca para comparar as características destes eventos como sua duração e severidade (ALBUQUERQUE; MENDES, 2009).

C.2.1 – Abordagem do estressor na literatura

Estudo de Tomasella e Cunha (2019) comparou **índices de seca** gerados operacionalmente por instituições federais, destacando vantagens e fraquezas de cada índice, sendo estes: **(i) Monitor de Secas da ANA- MS; (ii) Índice de Precipitação Padronizada (SPI-CPTEC); (iii) Índice de Precipitação Padronizada ajustado (SPI – AJ); (iv) Índice de Saúde da Vegetação (VHI); (v) Índice de Suprimento de Água para a vegetação (VSWI)**. Foram feitas comparações espaciais e temporais entre índices e com o SPI derivado de dados de estações representativas dos diferentes regimes de chuva da região. A análise comparativa espacial e temporal entre os índices revelou que os indicadores baseados em dados de satélites mostram melhor detalhamento do fenômeno, mas geram maior espalhamento da distribuição de frequência das classes. Indicadores baseados em observações sofrem o efeito de interpolação, principalmente em áreas com menor cobertura pluviométrica.

Bevacqua *et. al.*, (2019) avaliaram como diferentes índices podem afetar a determinação dos eventos de seca no Brasil. Foram comparados índices com influência da sazonalidade e a utilização do método paramétrico e não paramétrico. Analisou-se 496 bacias hidrográficas para o **Índice Padronizado de Precipitação (SPI)**, o **Índice de Precipitação e Evapotranspiração Padronizado (SPEI)** e **Índice de Vazão Padronizado (SSI)**. Além disso, foram selecionadas 72 bacias para a análise do **Índice Multivariado de Secas (MSDI)**. Os resultados indicaram que não há influência da sazonalidade na obtenção dos índices para bacias presentes na região Sul. Já para as demais regiões essa influência foi significativa para períodos de acumulação inferior a 12 meses. A utilização do método não paramétrico não influencia no início, fim e duração dos eventos de seca, mas pode influenciar na intensidade e severidade da seca. Para o MSDI, as secas começam sempre que o SPEI ou SSI reconheçam o evento de seca e duram até que evento acabe para ambos os índices. Como consequência, **alertou-se que os estudos de secas podem depender**

completamente dos métodos utilizados para a sua determinação.

Sampaio e Andrade Pinto (2019) avaliaram a seca na bacia do ribeirão Serra Azul por meio do **Standardized Streamflow Index (SSI)** para a série de dados de vazão de 1979/80-2017/18 e seu resultado comparado com o índice similar para a precipitação, o Índice de Precipitação Padronizada (SPI). **Identificou-se seis anos consecutivos de seca de 2012/13 a 2017/18**, todos classificados como **seca extrema pelo SSI**. O SSI apresentou intensidades maiores para a estiagem em comparação com o SPI, porém, ambos identificaram o início da seca em 2012. Foram realizados testes não-paramétricos para averiguar a existência de tendências nas séries de precipitação total e vazão média anual. As hipóteses nulas de independência, estacionariedade, homogeneidade e ausência de tendência foram rejeitadas para a série de vazão e aceitas para a precipitação, ambas com dados antes de 2012/13. A diferença de comportamento entre as duas variáveis e as vazões alarmantes do período estudado, evidenciam possivelmente a ação de um fator externo, associado provavelmente a um aumento do consumo hídrico na bacia.

Em relação as ações de gestão de seca, destaca-se, em âmbito nacional, o Programa Monitor de Secas, coordenado pela Agência Nacional de Águas. O programa consiste no processo de acompanhamento (monitoramento) regular e sistemático da situação de seca no país, que classifica, numa escala regional, o grau de severidade e o tipo de impacto associados à ocorrência do fenômeno (ANA, 2020).

O objetivo principal do **Monitor de Secas** é consolidar entendimento robusto e comum da seca, a partir da disponibilização de produto mensal – o **Mapa do Monitor de Secas** – que integra os conhecimentos técnico - científico e empírico referentes ao fenômeno, entendidos nos seguintes termos: (i) conhecimento técnico-científico, sendo aquele que se relaciona a indicadores de seca e produtos de apoio, dados e informações de estações hidrometeorológica, sensoriamento remoto e outras fontes de pesquisa; (ii) conhecimento empírico, sendo aquele proveniente da coleta de dados de observação local, especialmente focados na complementação de dados hidrometeorológico e de impactos decorrentes da seca (ANA, 2020).

Para Costa Júnior e Candido (2019) o monitor de secas é um instrumento que representa o primeiro passo para uma mudança de paradigma profunda, de uma gestão reativa de emergência para uma gestão proativa, visando aumentar a resiliência de áreas impactadas e vulneráveis como o semiárido, que apresenta recorrência de eventos de seca e frágeis políticas públicas referentes a este tipo de desastre natural.

O mapa do monitor de secas (ou mapa da seca) é produzido mensalmente por um grupo de instituições e pessoas de diversos estados e do governo federal, de forma colaborativa e voluntária, sendo composto por:

- provedores de dados¹²³: são as organizações que mandam informações para o monitor.
- autores: são os que desenham o mapa, analisando as informações de forma combinada, discutem e fazem o desenho e o redesenho do mapa do monitor de secas.
- validadores: são voluntários, pessoas que vivem e trabalham nas regiões afetadas pela seca. São agricultores, extensionistas rurais, técnicos, gestores de água, comitês de bacia, etc. Por meio do envio de documentos, fotos e outras provas, os

¹²³ Atualmente, os dados são enviados pelas seguintes instituições: Agência Nacional de Águas (ANA), Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), CPTEC/INPE, NESDIS e CPC/NOAA (ANA, 2020).

validadores ajudam os autores a detalhar melhor e definir o mapa do monitor de secas.

- instituição central: é responsável por organizar, supervisionar e cobrar dos provedores de dados e dos autores que estes façam as atividades acordadas, sendo representado pela ANA (ANA, 2020).

O Monitor de secas está fundamentado em três indicadores de secas, sendo dois deles meteorológicos, que contemplam curto e longo prazo, e um hidrológico, de curto prazo. Com relação aos indicadores meteorológicos, um dos utilizados é o Índice Padronizado de Precipitação - SPI. O segundo indicador meteorológico utilizado é o **Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI)**. Para o uso no monitor, o SPEI é calculado com os dados de estações meteorológicas que possuem medições de precipitação e temperatura. Dado que a densidade da rede operacional existente é limitada seja na extensão das séries, seja na cobertura espacial principalmente ao oeste da Região Nordeste, embora o SPEI seja considerado como um dos índices mais confiáveis no monitoramento de secas, é evidente que sua aplicação na Região Nordeste fica comprometida em razão da necessidade de extrapolar dados de evaporação em alta resolução (TOMASSELLA; CUNHA, 2019).

A Tabela 1 descreve os níveis de seca e os impactos nas lavouras, na disponibilidade de água e pastagens estabelecidos pelo monitor de secas da ANA.

Tabela 1 – Níveis de seca e descrição em cada nível

Categoria	Descrição	Impactos Possíveis
S0	Seca Fraca	Entrando em seca: veranico de curto prazo diminuindo plantio, crescimento de culturas ou pastagem. Saindo de seca: alguns déficits hídricos prolongados, pastagens ou culturas não completamente recuperadas.
S1	Seca Moderada	Alguns danos às culturas, pastagens; córregos, reservatórios ou poços com níveis baixos, algumas faltas de água em desenvolvimento ou iminentes; restrições voluntárias de uso de água solicitadas.
S2	Seca Grave	Perdas de cultura ou pastagens prováveis; escassez de água comuns; restrições de água impostas.
S3	Seca Extrema	Grandes perdas de culturas/pastagem; escassez de água generalizada ou restrições
S4	Seca Excepcional	Perdas de cultura/pastagem excepcionais e generalizadas; escassez de água nos reservatórios, córregos e poços de água, criando situações de emergência.

Fonte: ANA (2020)

O período de estiagem, bem com os eventos de seca podem ser considerados importantes estressores quantitativos da água bruta do manancial de abastecimento. Além de índices de seca e do mapa do monitor de secas, o grau de severidade provocado pelos eventos de estiagem/seca pode ser obtido, indiretamente, pela observação do comportamento da vazão do manancial, Q_m . Quando a vazão do manancial se aproxima da vazão de referência, Q_{ref} , pode configurar-se uma situação de criticidade hidrológica, na qual ações de gestão devem ser tomadas para mitigar os impactos destes eventos (CERH-MG, 2015; MELO, 2016). Nesse contexto, o estudo de séries temporais pode subsidiar o planejamento e operação de sistemas hídricos, tendo em vista que mudanças ou tendências nessas séries podem caracterizar mudanças em séries que, em princípio, são consideradas estacionárias (SOUZA, et. al, 2019).

Estudo de Souza *et. al.*, (2019) apresentou análise de tendência das vazões observadas no Distrito Federal (DF), considerando tanto a questão da autocorrelação, quanto da multiplicidade

de testes. **Foram analisados 8 índices de vazões de referência a partir dos dados de 14 estações fluviométricas com no mínimo 30 anos de dados sem falha por meio do teste não paramétrico de Mann-Kendall (MK).** Os resultados mostraram que desconsiderar tanto a questão da autocorrelação, quanto da multiplicidade, pode distorcer consideravelmente os resultados do teste de tendência. Observou-se um percentual de elevado de estações com **tendência decrescente em índices de vazões mais baixas, em torno de 70%**, dependendo do índice, com magnitudes, em sua maioria, superior a 10% por década. No caso de vazões altas, o percentual de estações com tendência é mais modesto, menor do que 20%, dependendo do índice.

Estudo de Corrales *et. al.*, (2019) em conjunto com a Adasa aplicou ferramenta de modelagem hidrológico-econômica, compostas pelos módulos, *Hydro-BID Modeling Tool*¹²⁴ e *WaterALLOC Modeling Tool*¹²⁵, para estimar as vulnerabilidades do sistema Descoberto em diferente cenários. Os cenários simulados Pessimista (C1), Otimista (C2) e Apocalíptico (C3) consideraram os fatores: climáticos, de uso do solo, consumo urbano per capita e Interferência política. A vulnerabilidade mais significativa ao abastecimento de água na área de estudo foi encontrada em cenários com maior mudança climática associada e especificamente com **reduções na precipitação**. Por exemplo, as reduções da disponibilidade de água no sistema **podem alcançar valores entre 10% a 70% para reduções anuais moderadas a severas na precipitação**. Além disso, os níveis simulados de armazenamento de água foram maiores com as medidas de mitigação, permitindo o abastecimento mais consistente para sistema urbano e outras demandas a jusante reservatório do Descoberto.

Castro (2019) analisou o emprego de indicadores e índices quantitativos de desempenho para avaliar a sustentabilidade do sistema hídrico da bacia do Rio Descoberto no DF em diferentes cenários de demanda e oferta hídrica, em especial nas situações de crise (acionamento, oferta hídrica e restrições de captação para irrigantes). Para isso, foi realizada modelagem do sistema com o emprego da ferramenta de simulação “**Sistema de Avaliação e Planejamento Hídrico Integrado- WEAP**”¹²⁶. Os resultados indicaram que em cenários de **demandas crescentes** o sistema Descoberto se **mostrou mais vulnerável, menos confiável e menos resiliente**, sendo, portanto, menos sustentável.

Em relação ao Plano Nacional de Segurança Hídrica, a dimensão de resiliência expressou o potencial dos estoques de água naturais e artificiais para suprimento de demandas a múltiplos usuários em situações de estiagem severa e seca, eventos que podem ser agravados pelas mudanças climáticas. Os recursos hídricos se encontram disponíveis em rios, alimentados principalmente pelas chuvas, em aquíferos, que também contribuem para o escoamento de base dos cursos d’água, e em reservatórios artificiais. Dessa forma, o somatório dos volumes de água disponíveis em todos esses tipos de ambientes é útil para avaliar o potencial de resiliência da região em análise e, por essa razão, no âmbito dessa dimensão, foram considerados os seguintes indicadores:

- **reservação artificial:** oferta potencial de água fornecida pelo conjunto de reservatórios artificiais existentes no País, que somam cerca de 20 mil.

¹²⁴ O sistema de modelagem *Hydro-BID* para simulação hidrológica quantitativa e de mudança climática tem três componentes principais: o conjunto de dados hidrográficos analíticos (AHD), o banco de dados e o modelo hidrológico. O modelo hidrológico é uma versão aprimorada do modelo chuva-vazão *Generalized Watershed Loading Function (GWL)* (CORRALES, *et. al.*, 2019).

¹²⁵ A ferramenta *WaterALLOC* fornece uma interface espacial que usa os dados hidrográficos analíticos (AHD) e os dados do modelo hidrológico (*Hydro-BID*) para simular uma rede de alocação de água (CORRALES, *et. al.*, 2019).

¹²⁶ O WEAP foi desenvolvido em 1988 pelo Instituto ambiental Estocolmo em Boston, é um modelo físico que incorpora oferta e demanda hídrica e serve como ferramenta de apoio ao gestor, pois fornece opções de planejamento, na medida em que os resultados apresentados consideram os efeitos de escolhas das prioridades e preferências aplicadas às diferentes demandas em diferentes cenários (CASTRO, 2019).

- reservação natural¹²⁷: oferta natural de água nos rios, representada pela relação entre a vazão média dos cursos d'água e a vazão de estiagem.
- Potencial de armazenamento subterrâneo: estoque de águas subterrâneas nos aquíferos do País, estimado com base no coeficiente de infiltração (CI), representado, no presente caso, pelo valor médio desse coeficiente para cada tipo de aquífero.
- Variabilidade pluviométrica: representada pelo coeficiente de variação (CV)¹²⁸ de 3.368 séries de precipitação anual, espacializado para todo o território nacional (ANA, 2019).

C.3 - Poluentes ordinários

C.3.1 – Definições

Os poluentes ordinários são aqueles que advêm de lançamentos pontuais e difusos de carga poluidora com origem principalmente nos esgotos sanitários, nos efluentes industriais, na aplicação de agrotóxicos e na disposição dos resíduos sólidos, podendo resultar na deterioração da qualidade da bacia hidrográfica e, em consequência, manancial de abastecimento (MELO, 2016).

Os gestores dos sistemas de abastecimento de água devem estar atentos ao fato de que a qualidade da água dos mananciais pode variar naturalmente (pequenas variações ao longo do tempo) ou pela ação humana (variações significativas em curto prazo) e que a não proteção dos mananciais pode implicar sérios problemas relacionados à potabilidade da água, aumentando os riscos sanitários e inviabilizando o emprego de técnicas de tratamento mais simples ou menos onerosas, sendo fundamental o monitoramento destes poluentes na bacia hidrográfica de captação da água (HELLER; PÁDUA, 2016).

C.3.2 – Abordagem do estressor na literatura

Estudo do PRH Paranaíba-DF analisou a qualidade das águas superficiais do DF a partir de 119 estações de monitoramento, sendo 31 operados pela Adasa e 88 pela Caesb. Para cada ponto foram analisados os parâmetros **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, fósforo e nitrogênio**. Os resultados apontaram que na BH Descoberto, no qual há predomínio de áreas de chacreamento, ocorreu ponto de desconformidade de fósforo total que pode ser resultado de carga poluidora proveniente das atividades agropastoris. Outros pontos de desconformidade desse parâmetro e de coliformes termotolerantes ocorreram a jusante das áreas urbanas da bacia. Em comparação com dados do PGRH-DF (2012), a BH apresentou piora na qualidade da água em relação aos coliformes termotolerantes, sendo que os demais parâmetros, de forma geral, mantiveram-se, nas mesmas classes segundo a Resolução CONAMA n. 357/2005. (ADASA, 2019).

Análise complementar do PRH Paranaíba-DF avaliou as cargas potencialmente poluidoras, oriundas de fontes pontuais e difusas com maior impacto sobre a qualidade da água, sendo: **efluentes domésticos, efluentes industriais, escoamento superficial de áreas urbanas e rurais**,

¹²⁷ De um modo geral, locais em que as vazões de estiagem estão próximas aos valores das vazões médias dos rios, correspondem a regiões onde estão situados aquíferos com recargas importantes. Portanto, a razão entre a vazão de estiagem e a vazão média pode indicar o percentual de oferta natural de água em um rio. (CORRALES, *et al.*, 2019).

¹²⁸ O Coeficiente de Variação (CV) é uma medida da dispersão (ou variabilidade) de uma série de dados em relação à sua média. Para esta caracterização foi utilizado o total anual precipitado medido em cada estação pluviométrica e correlacionado com sua série histórica. Quanto menor for o seu valor, mais homogêneos serão os dados.

pecuária. As estimativas das cargas poluidoras para os parâmetros DBO, coliformes termotolerantes, fósforo e nitrogênio foram feitas com base nas outorgas de lançamento de efluentes, informações sobre lançamentos pontuais de efluentes fornecidas pela Caesb e Saneago e uso e ocupação atual do solo da bacia. Os resultados apontaram que na UH 33 – Alto Descoberto não foram encontradas cargas poluidoras de origem pontual para esgotos domésticos e efluente industrial. Em relação as cargas difusas, as maiores fontes de poluição foram verificadas para **efluentes domésticos** (DBO = 2,06 t/dia e coliformes termotolerantes = $3,91 E^{+6}$), **pecuária** (Nitrogênio = 5,4 t/dia e Fósforo = 1,5 t/dia e Coliformes termotolerantes = $5,1 E^{+14}$). O escoamento superficial apresentou menores contribuições em todos os parâmetros analisados em relação aos efluentes domésticos e pecuária (ADASA, 2019).

A avaliação da qualidade das águas nos reservatórios do Descoberto e Paranoá foi realizada pelo PRH Paranaíba-DF utilizando-se três elementos: Índice de Estado Trófico (IET), avaliação da carga máxima admissível (considerando o abastecimento público) e diagnóstico das cargas afluentes das bacias hidrográficas. As simulações foram realizadas utilizando-se o software Delft3D¹²⁹. Em relação ao reservatório do Descoberto, os resultados demonstraram que a porção sul/sudeste, próxima ao vertedor, apresentou maior acúmulo de materiais devido as condições hidrodinâmicas, transportando as cargas afluentes nessa direção. As séries simuladas de OD, PO₄, NO₃, NH₄ e DBO₅ próximas ao barramento do reservatório do Descoberto apresentaram comportamento similar, com valores mais altos próximos as camadas de superfície. Oxigênio dissolvido, amônia e DBO apresentaram comportamentos similares aos indicados no monitoramento de campo. Nitrato e fósforo apresentaram tendência de aumento quanto maior o tempo de simulação (ADASA, 2019).

Em relação ao índice de monitoramento da qualidade da água, o PRH Paranaíba-DF propôs a utilização do **Índice de conformidade ao enquadramento (ICE)**, tendo em vista que este indicador leva em consideração a frequência de atendimento do trecho ao enquadramento e a normalização das vazões do período avaliado, corrigindo possíveis distorções no monitoramento relativas as vazões dos córregos, que quando mais baixas tendem a aumentar a concentração dos poluentes (ADASA, 2019).

Trindade *et. al.*, (2017) avaliaram a **tendência temporal e espacial da qualidade das águas** superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, inserida na bacia do Rio São Francisco, MG. Foram analisados 16.625 dados coletados no período de 2002 a 2011 pelo programa de monitoramento de qualidade das águas superficiais efetuado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam). **Testes estatísticos, multivariados e não paramétricos** foram utilizados para avaliar 11 variáveis físicas, químicas e microbiológicas de 29 estações de monitoramento. Os resultados das **análises de tendência Mann-Kendall/Sazonal de Mann-Kendall** sugeriram que a maioria dos cursos d'água da região apresentam valores estáveis das variáveis ao longo do período estudado, com maiores alterações associadas a coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrato e **índice de qualidade das águas (IQA)**, principalmente nas proximidades dos grandes centros urbanos. No entanto, ao longo de toda a sub-bacia, foi observada a degradação da qualidade da água durante o período estudado, principalmente relacionada ao lançamento de esgotos domésticos. Importante constatação foi a alteração da qualidade da água no baixo Rio das Velhas, apontada pela tendência de **redução do IQA** em estações localizadas nessa região, o que merece atenção dos órgãos governamentais.

Alves *et. al.*, (2017) avaliaram a eficiência da rede de monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Sergipe, usando a análise estatística multivariada de

¹²⁹ A suíte de aplicativos Delft3D, disponível gratuitamente pela empresa Holandesa DELTARES, permite simulações hidrodinâmicas e de qualidade da água em rios, lagos, reservatórios, estuários e zonas marinhas (<https://www.deltares.nl/en/>) (ADASA, 2019).

componentes principais (ACP). A ACP foi aplicada a uma matriz de dados composta por 12 estações de amostragem e concentrações médias de 23 parâmetros da qualidade da água, obtidos em quatro campanhas de amostragem no período de junho/2013 a novembro/2015. Todas as 12 estações de amostragem foram consideradas como principais (peso>0,7) e, portanto, devem ser mantidas no programa de monitoramento. **A ACP apontou que dos 23 parâmetros da qualidade da água, apenas 15 são essenciais.** Os principais impactos foram originários de fontes naturais (constituintes minerais) e de aportes antropogênicos associados a despejos urbanos, sanitários, indústrias e escoamento superficial de áreas agrícolas.

Muniz *et. al.*, (2019) estudaram a qualidade da água de corpos hídricos de nove unidades hidrográficas do Distrito Federal, utilizando técnicas estatísticas multivariadas como **análise de agrupamento (análise de cluster) e análise das componentes principais (PCA ou ACP)**¹³⁰. A análise de cluster agrupou os pontos amostrais em três clusters principais em função das características de qualidade da água, considerando fatores naturais e uso do solo. A PCA foi aplicada a uma matriz de dados composta por 18 pontos de amostragem e concentrações de 28 variáveis da qualidade da água, obtidas em seis campanhas de amostragem, que ocorreram bimestralmente entre fevereiro e dezembro de 2018. A PCA apontou que dos 28 parâmetros medidos, 14 foram considerados mais relevantes, com cargas fatoriais acima de 0,75. Os resultados obtidos na análise multivariada poderão subsidiar a escolha de pontos amostrais mais representativos e variáveis mais precisas e economicamente viáveis para compor os programas de monitoramento da qualidade da água no Distrito Federal.

Monteiro *et. al.*, (2019) analisaram a influência da sazonalidade e do uso e ocupação do solo na qualidade da água do rio São Francisco (RSF) e seu afluente, rio Jacaré (RJ), localizados na região do baixo São Francisco, utilizando **análise de componentes principais (PCA ou ACP) e análise de agrupamentos hierárquicos (HCA).** O conjunto de dados foi construído a partir da análise dos seguintes parâmetros em duas campanhas de amostragem (julho e novembro/18): pH, condutividade, OD, STD, DBO, SST, amônia, nitrito, nitrato, cor, dureza, temperatura, salinidade, clorofila a, sódio, fósforo total, cloretos, alcalinidade e coliformes termotolerantes. A aplicação da PCA e HCA nos conjunto de dados obtidos foi uma estratégia eficiente e ambas revelaram a forte influência da sazonalidade e uso e ocupação do solo na qualidade da águas estudadas. **Os resultados indicaram que a qualidade das águas do RSF e seu afluente, já estão sendo deterioradas, como consequência das atividades humanas (despejos sanitários sem tratamento adequado e aporte de resíduos agrícolas).**

Simoneli *et. al.*, (2017) aplicaram o **Índice de Qualidade das Águas (IQA)** no Arroio da Ronda em Ponta Grossa, devido a sua abrangência de zonas agro-urbanas, durante as estações da primavera de 2016 e o outono de 2017. Os parâmetros monitorados foram: CF, P-Total, NT, ST, STD, T, pH, turbidez, OD e DBO. O IQA demonstrou variabilidade na classificação dos pontos monitorados, classificando-se o corpo hídrico como qualidade regular. Os resultados indicaram que o ponto 1 (área urbana) apresentou melhores condições. O ponto 2 (área urbana próxima ocupações), durante o outono, demonstrou estar sob as piores condições. Ainda, com exceção do ponto 1, os demais (ponto 3 e 4 – área urbana com ausência de vegetação ripária; ponto 5 – área agrícola) apresentaram elevadas concentrações de coliformes termotolerantes. Portanto, por meio do IQA **evidenciou-se que a qualidade da água do arroio diminui, possivelmente, devido a influência de atividades antropogênicas em áreas próximas ao corpo hídrico.**

Muniz (2019) avaliou o **Índice de Qualidade das Águas (IQA)** no reservatório de

¹³⁰ A seleção dos parâmetros é uma característica essencial para o êxito de um programa de monitoramento da qualidade da água, e tendo em vista a complexidade da seleção tem sido proposto na literatura o uso da técnica estatística multivariada de análise das componentes principais – ACP (KHALIL; OUARDA, 2009).

acumulação de água do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG, onde há captação da água por parte do Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAAE) para abastecimento de parte da zona urbana do município. As amostras foram analisadas quanto aos parâmetros **físicos, químicos e microbiológicos**: pH, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, nitrato, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), condutividade elétrica, sólidos totais (ST), sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos suspensos totais (SST), sólidos sedimentáveis (SP), alcalinidade, coliformes totais e termotolerantes. As amostragens de água foram realizadas durante o período seco, de março a julho de 2016. A determinação do IQA permitiu classificar as águas do trecho onde ocorre a captação para abastecimento como de média qualidade, portanto, são **apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público**. Das variáveis estudadas, apenas os SDT e a DBO não atenderam aos padrões estabelecidos na Resolução Conama 357/2005 para rios de classe 2.

Volkmer (2017) analisou o **desempenho do tratamento convencional** da água de uma estação de tratamento de água (ETA) localizada no noroeste do estado do RS, por meio da análise de seus processos operacionais e da qualidade da água produzida. Foram realizadas **análises dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos do tratamento de ciclo completo** da água proveniente de manancial superficial no período de seis meses. As metodologias usadas nas análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas conforme o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da instituição americana Public Health Association (APHA). A maioria das amostras estava de acordo com a legislação vigente, Portaria de Consolidação n. 05/2017 do MS. Concluiu-se que o tratamento convencional das águas de abastecimento público da ETA é eficiente e importante como medida de saúde pública. Os resultados demonstraram que, apesar do manancial superficial apresentar contaminação bacteriológica, **após o tratamento convencional foi obtida a potabilidade da água**. O controle microbiológico da água é fundamental para que não haja transmissão de bactérias, dentre estas, coliformes totais, protozoários, vírus e fungos causadores de diversas doenças como diarreias, disenterias, hepatites, cólera, entre outras enfermidades graves.

C.3.3 - Índice de qualidade das águas (IQA)

Melo (2016) propôs avaliar a severidade dos estressores poluentes ordinários sobre a qualidade da água bruta do manancial por meio do Índice de conformidade ao enquadramento (ICE)¹³¹. Em resposta à questionário aplicado neste estudo (Apêndice E), a Caesb informou que está em fase de desenvolvimento a aplicação do ICE para monitoramento dos mananciais de abastecimento, inspirado no indicador mundialmente conhecido como CCME-WQI, desenvolvido pelo Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente (CCME). Dessa forma, como o desenvolvimento do indicador ICE encontra-se em fase de discussão e o IQA é o atual indicador utilizado pela ADASA para monitoramento de ambientes lóticos (ADASA, 2018a), optou-se pela utilização deste último indicador neste estudo.

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2018). O IQA é o principal indicador qualitativo usado no país. Foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água para o abastecimento público,

¹³¹ Índice de conformidade ao enquadramento (ICE): Índice de qualidade da água composto dos parâmetros: oxigênio dissolvido, pH, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*). O indicador considera a abrangência, frequência e amplitude dos valores obtidos para cada parâmetro.

após o tratamento convencional (ANA, 2009), refletindo a interferência por esgotos domésticos e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos (IGAM, 2018).

A interpretação dos resultados da avaliação do IQA deve levar em consideração este uso da água. Por exemplo, um valor baixo de IQA indica a má qualidade da água para abastecimento, mas essa mesma água pode ser utilizada em usos menos exigentes, como a navegação ou geração de energia (ANA, 2019).

O IQA utilizado pela Caesb foi desenvolvido e adaptado¹³² a partir do IQA-Cetesb para avaliar a qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público do DF, permitindo uma avaliação sistemática e simplificada das condições bacteriológicas e físico-químicas dos mananciais, composto pela combinação de 8 (oito) parâmetros com seguintes pesos:

- cor verdadeira (uH) 0.1: característica física da água que representa a quantidade de partículas dissolvidas. Pode ser oriunda da decomposição da matéria orgânica e de substâncias orgânicas como ferro e manganês. A cor verdadeira é obtida pela remoção dos sólidos suspensos por meio de centrifugação.
 - turbidez (NTU) 0.15: característica física da água que representa a quantidade de partículas suspensas. Os sólidos suspensos podem causar uma barreira à atuação do agente desinfetante, reduzindo sua eficácia, bem como essas partículas podem ainda carrear grupos de micro-organismos patogênicos;
 - pH (-) 0.05: representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- ; varia de 0 a 14; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7). O pH baixo torna a água corrosiva; águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações.
 - N-NH₃ (mg/L) 0.15: o nitrogênio é um elemento indispensável ao crescimento de algas, podendo por isso, em certas condições, conduzir a fenômenos de eutrofização de lagos e represas. Na forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes e na forma de nitrato está associado a doenças como metahemoglobinemia. Resíduos de animais também podem ser fontes de nitrogênio na água de escoamento superficial. Indica a presença de esgoto bruto oriundo de lançamentos recentes no curso d'água.
 - Ferro total (mg/L) 0.15: podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais, causando coloração avermelhada à água e favorecendo o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores e coloração à água e obstruem as canalizações.
 - Cloreto (mg/L) 0.10: são oriundos de descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 4 g de cloreto por dia, que representam cerca de 90 a 95% dos excretos humanos. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes etc.
 - Carbono total (mg/L) 0.10: consiste de uma variedade de compostos orgânicos em diversos estados de oxidação e inorgânicos. Alguns destes compostos de carbono podem ser oxidados por processos biológicos ou químicos, fornecendo respectivamente a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO);
-

- **Coliformes totais (NMP/100 mL) 0.2:** constitui-se em um grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente. Podem ser entendidos como coliformes “ambientais” dada a sua possível incidência em águas e solos não contaminados, representando, portanto, outros organismos de vida livre e não intestinal. A água tratada não deve conter coliformes totais, os quais sugerem contaminação posterior ao tratamento ou nutrientes em excesso na água (CAESB, 2014).

A **Tabela 1** apresenta comparativo entres os índices de qualidade da água. O IQA Cetesb utiliza 9 (nove) parâmetros: temperatura, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), turbidez, nitrato, sólidos totais, fósforo total, coliformes termotolerantes. O índice é o mesmo utilizado pela ANA e Adasa.

Tabela 1 – Comparativo entre os índices de qualidade da água

IQA CETESB	IQA ANA/ADASA	IQA CAESB	ICE
Temperatura	Temperatura	-	-
pH	pH	pH	pH
DBO	DBO	Carb. total	DBO
OD	OD	-	OD
Turbidez	Turbidez	Turbidez	Turbidez
Nitrato	Nitrogênio total	N-NH3	-
Sólidos Totais	Sólidos Totais	-	-
Fosfato Total	Fósforo total	-	Fósforo total
Coliforme termotolerantes	Colif. termotolerantes/E. Coli	Colif. Totais	Colif. termotolerantes/E. Coli
-	-	Cor verd.	-
-	-	Fe total	-
-	-	Cloreto	-

Fonte: ANA (2019), ADASA (2018a), CAESB (2014), CETESB (2018).

O IQA-Caesb não utiliza os parâmetros **temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos totais e fósforo total** que estão mais relacionados com o monitoramento da água para avaliação das condições ambientais. Porém, foram acrescentados os parâmetros **cor verdadeira, ferro total e cloreto**, adaptando, dessa forma, ao monitoramento da água bruta com a finalidade de tratamento para abastecimento humano.

Outro indicador que vem sendo adotado com essa finalidade é o Índice de qualidade da água bruta para fins de abastecimento público (IAP). O IAP é o produto da ponderação dos resultados atuais do IQA (Índice de Qualidade de Águas) e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é composto pelo grupo de substâncias que afetam a qualidade organoléptica da água, bem como de substâncias tóxicas. Assim, o índice é composto por três grupos principais de variáveis (CETESB, 2018):

- **IQA** – grupo de variáveis básicas (Temperatura da Água, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes/E. coli, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólido Total e Turbidez);
- **ISTO** – variáveis que indicam a presença de **substâncias tóxicas** (Potencial de formação de trihalometanos - PFTHM, Número de Células de Cianobactérias, Cádmiu, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio e Níquel); b) Grupo de variáveis que afetam a qualidade **organoléptica** (Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre e Zinco);

Para cada parâmetro incluído no ISTO são estabelecidas curvas de qualidade que atribuem ponderações variando de 0 a 1. As curvas de qualidade, representadas através das variáveis

potencial de formação de trihalometanos e metais, foram construídas utilizando-se dois níveis de qualidade (qi), que associam os valores numéricos 1.0 e 0.5, respectivamente, ao limite inferior (LI) e ao limite superior (LS) (CETESB, 2018).

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

- Valor medido < LI: águas adequadas para o consumo humano. Atendem aos padrões de potabilidade da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde em relação às variáveis avaliadas.
- LI < Valor medido < LS: águas adequadas para tratamento convencional. Atendem aos padrões de qualidade da classe 3 da Resolução CONAMA 357/05 em relação às variáveis determinadas.
- Valor medido > LS: águas que não devem ser submetidas apenas a tratamento convencional. Não atendem aos padrões de qualidade da classe 3 da Resolução CONAMA 357/05 em relação às variáveis avaliadas (CETESB, 2018).

Desta forma, o limite inferior para cada uma dessas variáveis foi considerado como sendo os padrões de potabilidade estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação n. 05 de 2017 do Ministério da Saúde e para o limite superior foram considerados os padrões de qualidade de água doce Classe 3 da Res. CONAMA 357/05 (CETESB, 2018).

O IAP é calculado com a seguinte expressão: **IAP = IQA x ISTO**. Os valores do IAP são classificados nas seguintes faixas (Tabela 2):

Tabela 2 – Valores do IAP por faixas

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

Fonte: CETESB (2018)

C.3.4 - Tecnologia de tratamento convencional da água para abastecimento

Existem diversas técnicas de tratamento de água para o abastecimento público, destacando-se no Brasil aquelas denominadas tratamento convencional (ou de ciclo completo) e a filtração direta, embora outras, como filtração lenta, a flotação e a filtração em membrana também sejam empregadas, mas em um número ainda relativamente pequeno de Estações de Tratamento de Água (ETAs) (HÉLLER; PÁDUA, 2016).

Dependendo da qualidade da água a ser tratada, algumas etapas poderão não ser necessárias para a potabilização da água. A Caesb, atualmente, dependendo das características da água a ser tratada, adota diversos tipos de tratamento que vão desde um tratamento completo (ETA convencional) até tratamento mais simplificado, com cloração e fluoretação. O tratamento convencional é composto das seguintes etapas (CAESB, 2020):

- Coagulação e Floculação: Nestas etapas, as impurezas presentes na água são agrupadas pela ação do coagulante, em partículas maiores (flocos) que possam ser removidas pelo processo de decantação. Os reagentes utilizados são denominados de coagulantes, que normalmente são o Sulfato de Alumínio e o Cloreto Férrico. Nesta etapa também poderá ser necessária a utilização de um alcalinizante (Cal

Hidratada ou Cal Virgem) que fará a necessária correção de pH para uma atuação mais efetiva do coagulante. Na coagulação ocorre o fenômeno de agrupamento das impurezas presentes na água e, na floculação, a produção efetiva de flocos;

- **Decantação:** os flocos formados são separados da água pela ação da gravidade em tanques normalmente de formato retangular;
- **Filtração:** a água decantada é encaminhada às unidades filtrantes onde é efetuado o processo de filtração. Um filtro é constituído de um meio poroso granular, normalmente areia, de uma ou mais camadas, instalado sobre um sistema de drenagem, capaz de reter e remover as impurezas ainda presentes na água.
- **Desinfecção:** Para efetuar a desinfecção de águas de abastecimento utiliza-se um agente físico ou químico (desinfetante), cuja finalidade é a destruição de microrganismos patogênicos que possam transmitir doenças através das mesmas. Normalmente são utilizados em abastecimento público os seguintes agentes desinfetantes, em ordem de frequência: cloro, ozônio, luz ultravioleta e íons de prata. A Caesb utiliza como agente desinfetante o cloro na sua forma gasosa, que é dosado na água através de equipamentos que permitem um controle sistemático de sua aplicação.
- **Fluoretação:** a fluoretação da água de abastecimento público é efetuada através de compostos à base de fluor. A aplicação destes compostos na água de abastecimento público contribui para a redução da incidência de cárie dentária em até 60%, se as crianças ingerirem desde o seu nascimento quantidades adequadas de ion fluoreto.

C.3.5 - Parâmetros de monitoramento da água tratada

O controle da qualidade da água para consumo humano é definido como o conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema e fiscalizados pela entidade reguladora, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a entrega da água aos usuários dentro dos padrões estabelecidos (ADASA, 2018b).

Os padrões de potabilidade são definidos pela Portaria de Consolidação n. 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, que relaciona diversos parâmetros e monitoramento, no entanto aqueles que devem ser realizados com mais frequência na rede de distribuição são cor aparente - Cor (uH), turbidez (TBZ), cloro residual livre (CRL), coliformes totais (CT) e Escherichia Coli (E. coli) (BRASIL, 2017).

Para a análise da qualidade da água tratada por meio destes parâmetros, foi definido pela Adasa o “Índice de análises fora do padrão da água tratada - I_{qat} ”, o qual corresponde a razão entre a quantidade de análises fora dos padrões estabelecidos e a quantidade total de análises realizadas, sendo composto pelos parâmetros mais frequentes de monitoramento abaixo descritos:

- **cor aparente - Cor (uH):** propriedade associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessar a água devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico (bactérias, fungos, gás sulfídricos, sulfatos) e inorgânico (ferro, manganês);
- **turbidez - TBZ (uT):** característica física da água que representa a quantidade de partículas suspensas. Os sólidos suspensos podem causar uma barreira à atuação do agente desinfetante, reduzindo sua eficácia, bem como essas partículas podem ainda carrear grupos de micro-organismos patogênicos;
- **cloro residual livre - CRL (mg/L):** atua na desinfecção da água, agindo sobre os micro-organismos existentes e evitando a proliferação destes. Com isso, o cloro

livre é consumido ao longo do tempo. Por esse motivo foi estabelecido um valor mínimo desse desinfetante que deve ser encontrado em toda a extensão da rede para garantir sua ação;

- coliformes totais - Coli Total (P-A/100 mL): agrupam bactérias presentes no intestino dos animais de sangue quente. São usados como indicador de contaminação fecal, já que a sua presença aumenta a probabilidade de se encontrar patógenos;
- Escherichia coli - E. Coli (P-A/100 mL): é uma espécie bacteriana presente em altas concentrações nas fezes de humanos e animais, sendo utilizado como indicador de poluição fecal humana (ADASA, 2018b).

C.4 - Poluentes acidentais

C.4.1 – Definições

Os poluentes acidentais podem ser provenientes de fontes fixas, como é o caso do lançamento irregular de efluentes industriais, minerários, entre outros, ou proveniente de fontes móveis, como é o caso de cargas poluidoras liberadas em acidentes com meios de transporte, principalmente acidentes de transporte rodoviário com cargas perigosas. Ambos os poluentes, ordinários ou acidentais, são estressores que impactam a qualidade da água bruta (MELO, 2016).

C.4.2 – Abordagem do estressor na literatura

Godinho (2019) levantou os acidentes ambientais rodoviários que pudessem, influenciar os pontos de captação de água para abastecimento humano no Distrito Federal. Foi adaptada para o estudo a **Metodologia para Identificação, Caracterização e Mapeamento de Áreas de Risco Ambiental do P2R2 do Ministério do Meio Ambiente**. Como resultados foram identificados os pontos de captação de águas superficiais da Caesb para abastecimento humano: **Cachoeirinha, Bananal e o Mestre Darmas 1 com o maior risco de contaminação por acidentes ambientais de origem rodoviário**. Assim como em uma visão geral, das outorgas superficiais para abastecimento humano, foi identificado maiores riscos nas regiões nordeste, noroeste e sudeste/sul do DF, com áreas de atenção nessas regiões. Diante do exposto, devem-se concentrar ações de prevenção e a criar novas unidades de resposta no DF, para encurtar as distâncias no atendimento de ocorrências, com o intuito de diminuir os riscos a população e ao meio ambiente.

Em 2015, foi elaborado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Guandu, o Plano de Contingência para Abastecimento de Água da ETA Guandu, definindo ações de gestão de risco específicas e integradas (preventivas, de preparação, resposta, recuperação e mitigação) para **situações de emergência ambiental** que pudessem pôr em risco o fornecimento de água bruta para fins de abastecimento público, envolvendo **acidentes nos seguintes elementos: rodovias, dutos, indústrias e ferrovia**. O objetivo da análise qualitativa de risco foi identificar os cenários acidentais mais significativos para posterior detalhamento na parte semiquantitativa (quanto aos parâmetros de frequência/probabilidade, vulnerabilidade do componente e magnitude do impacto, bem como as capacidades contingenciais preexistentes e o tempo de repercussão do evento na ETA Guandu). Verificou-se que os acidentes com maior risco foram relacionados aos produtos inflamáveis, corrosivos e tóxicos infectantes, além de cargas poluidoras remanescentes de origem doméstica (CBH GUANDU, 2015).

C.4.3 – Causas de acidentes e classes de produtos perigosos

As principais causas típicas de acidentes com produtos perigosos são:

- Acidentes rodoviários: baixo nível de instrução dos condutores e eventual uso de álcool e outras substâncias; Imprudência/imperícia dos condutores; falhas mecânicas do caminhão e do tanque; Falta de manutenção e idade da frota; condições meteorológicas; relevo; volume do tráfego; excesso de carga/peso, dentro outros;
- Acidentes ferroviários: descarrilamento; colisões; condições dos traçados (geometria, raios de curva etc.); sinalização inadequada; condições de relevo; condições meteorológicas; imprudência/imperícia dos condutores; falhas operacionais; volume de tráfego; perda de contenção das cargas; Movimentação de solo e erosão; aspectos institucionais como falhas de fiscalização e controle;
- Acidentes em dutos: corrosão e trincas; intervenção de terceiros; defeitos de construção/falha de material; movimentação de solo e erosão; atos de vandalismo e atentados; tentativa de furto.
- Acidentes em indústrias: defeitos de construção/falha de material; movimentação de solo e erosão; atos de vandalismo e atentados; incêndio e ou explosão, com derramamento de produtos químicos ou com escoamento de efluentes contaminados; falhas em estações de tratamento de efluentes (CBH GUANDU, 2015).

Os produtos perigosos movimentados em rodovias por classe são: classe 1 – Explosivos; classe 2 – Gases; classe 3 – Líquidos Inflamáveis; classe 4 – Sólidos Inflamáveis; substâncias sujeitas à combustão espontânea e substâncias que, em contato com água, emitem gases inflamáveis; classe 5 – Substâncias oxidantes e peróxidos orgânicos; classe 6 – Substâncias tóxicas e substâncias infectantes; classe 7 – Materiais Radioativos; classe 8 – Substâncias corrosivas; classe 9 – Substâncias e artigos perigosos diversos (ANTT, 2016).

Segundo relatório de acidentes ambientais (IBAMA, 2014), a “Classe 3 - Líquidos Inflamáveis” é a classe que está mais associada a ocorrência de acidentes ambientais com produtos perigosos decorrentes de vazamentos de óleo diesel, gasolina, etanol, petróleo, óleo combustível especial, dentre outros. A segunda é representada pela “Classe 8 - Substâncias corrosivas”, com as substâncias ácido sulfúrico, ácido clorídrico, ácido nítrico e, entre as bases, o hidróxido de sódio (soda cáustica) e hidróxido de potássio. Entre 2006 e 2013, foram registrados um total de 3.900 acidentes ambientais no Brasil, sendo a maior parte relacionada ao modal rodoviário, seguido do modal ferroviário.

C.4.4 – Planos de Prevenção, Preparação e Resposta a Emergências

Em 2004, foi instituído o Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos (P2R2) por meio do Decreto n. 5.098/2004, tendo por objetivo a prevenção de ocorrência de acidentes com produtos químicos perigosos e tornar mais eficaz e efetivo o sistema de preparação e resposta a emergências químicas no país (BRASIL, 2004).

Em nível Distrital, foi criada a Comissão Distrital do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos - CD-P2R2¹³³ por meio do Decreto n. 38.528, de 03 de outubro de 2017, com a finalidade de elaborar e

¹³³ A comissão é composta pelos seguintes membros: I - Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - Brasília Ambiental - IBRAM; II - Agência de Fiscalização - AGEFIS, III - Departamento de Trânsito - DETRAN/DF; IV - Departamento de Estrada de Rodagens - DER/DF; V - Secretaria de Estado de Segurança Pública e da Paz Social - SSP/DF, por meio da Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil; VI - Secretaria de Estado de Saúde - SES/DF, por meio da Subsecretaria de Vigilância à Saúde; VII - Polícia Militar do Distrito Federal - PMDF; VIII -

atualizar o planejamento preventivo de ocorrência de acidentes com Produtos Químicos Perigosos no âmbito do DF, sob a coordenação do Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal - Ibram/DF. Os principais instrumentos da comissão para o seu funcionamento, são o mapeamento de áreas de risco, o uso de sistemas de informação e o Plano de ação de emergência (PAE), todos estes ainda em elaboração (DISTRITO FEDERAL, 2017).

Ao Ibram compete a gestão das ocorrências com produtos perigosos nas fases de prevenção e no pós-evento. O órgão atua por meio dos instrumentos de licenciamento ambiental, monitoramento e fiscalização. No licenciamento, cabe ao Instituto emitir as licenças para funcionamento de postos de combustível, revenda de agrotóxicos, bem como para o transporte dos produtos perigosos dentro do território do DF. No monitoramento, o órgão atua nas áreas contaminadas, junto aos postos de combustível e nas áreas de armazenamento dos produtos. Por meio da fiscalização, o Ibram autua os responsáveis pelos danos ambientais causados (IBRAM, 2018).

Ao Grupamento de Proteção Ambiental (GPRAM) do Corpo de Bombeiros compete o atendimento primário à ocorrência de acidentes ambientais com produtos perigosos no âmbito do DF, envolvendo as ações de isolamento, contenções, prevenção de incêndios, evacuações, monitoramento de explosividade, dentre outras (DISTRITO FEDERAL, 2010).

C.5 - Pressão sobre as condições ambientais

C.5.1 – Definições

O uso ambientalmente correto do solo está diretamente relacionado a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, ou seja, quanto maior a preservação ambiental e a conservação da biodiversidade mais água e de melhor qualidade estará disponível. Em sentido oposto, fatores como a impermeabilização do solo e o desmatamento provocados pela ação humana, dificultam o retorno da água da chuva para o lençol freático, comprometendo o nível dos aquíferos e das nascentes (ADASA, 2019).

Em decorrência de fatores antrópicos, movimentos como interceptação, evaporação, percolação e transpiração são excluídos de suas ações de equilíbrio naturais. Outro aspecto fundamental a se destacar são as matas ciliares, na medida em que a preservação das mesmas reduz o risco de processos erosivos e, portanto, o assoreamento dos cursos d'água (ADASA, 2019).

Nesse sentido, a gestão por microbacias é recomendada para adoção de instrumentos de controle e planejamento do uso do solo visando à proteção dos recursos hídricos, principalmente por áreas vegetadas (ARAÚJO *et. al.*, 2018). Por isso, o entendimento da qualidade da água em bacias hidrográficas é essencial para compreender como o seu manejo altera as características físico-químicas dos mananciais (PARRON *et. al.*, (2009).

Para Melo (2016) o impacto do uso e ocupação do solo, em especial, o desmatamento na quantidade de água, é percebido em longo prazo e a literatura disponível, apesar de afirmar a importância da conservação da vegetação natural para garantia da sustentabilidade da disponibilidade de água, ainda é pouco extensiva e conclusiva, o que dificulta a aceitação dos esforços de mensuração dos impactos na quantidade de água disponível, enquanto que sobre a qualidade da água é quase que consensual.

Bittencourt e Fernandes (2019) destacam a importância de estudos que objetivam correlacionar o uso e ocupação do solo com a qualidade da água, tendo em vista que o

enquadramento do corpo hídrico deve estar diretamente relacionado com os usos preponderantes da água em determinada bacia.

C.5.1 – Abordagem do estressor na literatura

Estudo de Parron *et al.*, (2009) avaliou a influência da geologia e do uso agrícola na qualidade da água de mananciais afluentes do Rio Preto, em áreas com rochas calcárias. Examinou-se variações espaciais e temporais, por meio de **matriz de correlação (R) e análise de cluster (CA)** de 14 parâmetros físico-químicos nas amostras de água coletadas ao longo da seção dos córregos Caxingó (atividade predominante de pecuária extensiva) e Areia (atividade de agricultura – primeira metade e pecuária extensiva – segunda metade) da bacia do Rio Preto, MG. Os resultados demonstraram que o **pH**, a **condutividade** e a **concentração de HCO_3^- , SO_4^- , Ca^{+2} e Mg^{+2}** mostraram interação da água com as rochas carbonáticas associadas ao córrego Caxingó e à segunda metade do córrego de Areia. As concentrações de **NO_3^- e Cl^-** indicaram interação da água com o manejo do solo, embora não se caracterizou uma situação de eutrofização das águas superficiais. A composição química da água desses mananciais refletiu mais sua interação com a geologia do terreno do que com o uso da terra na bacia hidrográfica.

Strauch *et al.*, (2013) investigaram como as **melhores práticas de gestão agrícola (BMPs)** podem contribuir para o uso sustentável dos recursos hídricos e para o manejo e proteção do solo. A **Ferramenta de Avaliação de Solo e Água (SWAT)** foi usada para estudar o impacto dessas práticas no fluxo do rio e na carga de sedimentos em áreas cultivadas na bacia hidrográfica do rio Pípiripau, DF. O modelo foi calibrado e validado contra o fluxo medido e cargas de sedimentos derivados da turbidez. Por meio de simulações de cenários, constatou-se que BMPs, como terraços paralelos e pequenas bacias de sedimentos (‘Barraginhas’) podem levar a reduções da carga de sedimentos de até 40%, contribuindo com a qualidade da água. A implementação dessas medidas não afetou negativamente a disponibilidade de água. Apesar das incertezas de calibração do modelo, **os resultados foram úteis para o desenvolvimento de estratégias de proteção de água e solo para a bacia do rio Pípiripau.**

Pires *et al.*, (2015) avaliaram a influência da urbanização na qualidade das águas superficiais do rio Preto na cidade de Formosa, Goiás. As amostras foram coletadas em cinco pontos ao longo do rio, distribuídas espacialmente de um lado a outro da cidade de Formosa, de maio a outubro de 2012. Os dados foram submetidos à **estatística descritiva, análise de variância e cluster**. O ponto P2, o primeiro ponto após a cidade, apresentou os piores indicadores de qualidade da água, principalmente com em relação aos parâmetros de **coliformes totais e fecais**, bem como às concentrações de **nitrato**. Os resultados podem estar relacionados ao fato de este ponto se situar na periferia da cidade, área em urbanização e com problemas de saneamento, inclusive falta de esgoto, coleta e tratamento. O excesso de nutrientes é um forte indicador de eutrofização da água e deve alertar tomadores de decisão quanto à necessidade de políticas de preservação.

Menezes *et al.* (2016) constataram relação entre o uso do solo e a qualidade da água em bacia com uso predominante para fins urbano (bacia hidrográfica do Rio Vermelho, Lavras, MG). Os dados de qualidade da água foram submetidos à avaliação por meio de **análises multivariadas**, com o uso de técnicas de análises de agrupamento (**análise de cluster**), **fatorial (AF)** e dos **componentes principais (ACP)**. Para avaliação da influência do uso do solo aplicou-se o teste de correlação de Pearson. Verificou-se forte influência temporal e espacial na qualidade das águas, que apresentaram, no período de inverno, as maiores **concentrações de nutrientes (Cl^- , P, NO_3^-)**, **condutividade elétrica e matéria orgânica**. O Ribeirão Vermelho e seus afluentes apresentam forte influência das formas de uso e ocupação do solo confirmada pela entrada de matéria orgânica e de nutrientes nos sistemas hídricos por meio do lançamento de esgoto doméstico sem tratamento

e pela agropecuária na rede de drenagem da bacia.

Araújo *et al.* (2018) estudaram a poluição de bacias tributárias por meio da análise de parâmetros de qualidade da água e sua correlação (**coeficiente de Spearman**) com porcentagem de usos mais antropizados (uso urbano, assentamentos informais, chácaras, hortas) em microbacias do reservatório Billings na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Os resultados mostraram **correlações** significativas entre os parâmetros de qualidade e o uso e a ocupação do solo, sendo que em locais mais antropizados foi verificada maior degradação da qualidade da água para os parâmetros de **Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos, Condutividade Elétrica e Fósforo Total**. Tais parâmetros podem estar relacionados à ocorrência de erosão e deposição de partículas, bem como despejos de efluentes. O estudo demonstrou a importância da preservação da vegetação em áreas de mananciais a fim de contribuir com a qualidade das águas.

Ceconi *et al.*, (2019) avaliaram a influência do uso do solo na qualidade da água na bacia hidrográfica de captação DNOS, Santa Maria, RS. Foram realizadas análises de água coletadas em **diferentes pontos da bacia, procurando representar os diferentes usos e ocupações**. Diversos parâmetros relacionados à potabilidade da água foram analisados. **Ao comparar os valores medidos com os indicados pela Portaria n. 5/2017 do Ministério da Saúde, constatou-se que nenhuma das amostras atenderam aos padrões de potabilidade da água**. Através do estudo foi possível observar a atual situação da qualidade da água na bacia de captação DNOS, e que esta já vem contaminada desde o ponto de coleta mais alto e próximo da nascente. O uso do solo por urbanização, com despejo de esgoto e resíduos sólidos diretamente no curso d'água, resultou em água de menor qualidade, principalmente em relação às análises microbiológicas. Considerando a importância da referida bacia quanto ao fornecimento de água para abastecimento humano, pode-se inferir que são necessárias ações ambientais e políticas públicas visando melhorar sua qualidade e, conseqüentemente, reduzir custos com seu tratamento.

C.5.3 - Área de Proteção Ambiental da bacia do Rio Descoberto

As Unidades de conservação são espaços com características naturais relevantes, que têm a função de assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico existente. As UC asseguram o uso sustentável dos recursos naturais e propiciam às comunidades envolvidas o desenvolvimento de atividades econômicas sustentáveis em seu interior ou entorno (BRASIL, 2000).

Conforme art. 15 da Lei. 9.985/2000 a Área de Proteção Ambiental (APA) é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

A Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Descoberto foi criada pela Decreto n. 88.940, de 07 de novembro de 1983, constituindo-se em Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável (BRASIL, 1983). A APA Descoberto teve seu Plano de Manejo elaborado em 2014, sendo este instrumento que fornece diretrizes para conservação dos recursos naturais contidos nesta UC e possibilita o direcionamento da aplicação dos recursos públicos (ICMBIO, 2014).

C.5.4 - Floresta Nacional de Brasília (Flona)

A Floresta Nacional (Flona) de Brasília foi criada por meio de Decreto Presidencial em 10 de junho de 1999, possuindo área de 9.346 ha, tendo como objetivos, segundo o artigo 3º do

Decreto de sua criação: “promover o manejo de uso múltiplo e de forma sustentável dos recursos naturais renováveis, a manutenção e proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade do Cerrado, a recuperação de áreas degradadas, a educação florestal e ambiental, a manutenção de amostras do fragmento do ecossistema e o apoio ao desenvolvimento sustentável dos recursos naturais das áreas limítrofes” (ICMBIO, 2016).

A área total da Flona de Brasília é subdividida em quatro glebas, separadas geograficamente, sendo denominadas Área 1 (3.353 ha), Área 2 (996 ha), Área 3 (3.071 ha), e Área 4 (1.925 ha), tendo seu Plano de Manejo aprovado em 2016 (ICMBIO, 2016).

C.5.5 - Áreas de Proteção de Manancial (APMs)

As Áreas de Proteção de Mananciais do DF foram estabelecidas pelo Decreto n. 18.585/77 e estão localizadas nas bacias hidrográficas das seguintes captações: Alagado; Bananal, Barroão, Brejinho, Cabeça do veado, Cachoeirinha, Capão da Onça, Contagem, Corguinho, Crispim, Currais, Engenho das Lages, Fumal, Mestre D’Armas, Olhos D’Água, Paranoazinho, Pedras, Pipiripau, Ponte de Terra, Quinze, Ribeirão do Gama, Santa Maria, São Bartolomeu (Norte e Sul), Taquari e Torto (DISTRITO FEDERAL, 1997).

Essas áreas tem como objetivo: (i) garantir a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, tendo em vista o abastecimento público; (ii) promover o disciplinamento das atividades de uso e ocupação do solo no seu interior, visando a manutenção da qualidade e quantidade de água captada; (iii) assegurar a manutenção dos ecossistemas e a recuperação de áreas degradadas dentro dos polígonos de Contribuições das captações (DISTRITO FEDERAL, 1997).

A gestão, o monitoramento e a fiscalização das APMs são responsabilidades do IBRAM, sendo que a Caesb deve cooperar com estas atividades. Para isso, a Caesb realiza o monitoramento do uso e ocupação do solo nas áreas de influência direta das captações de água por meio de setor específico de recursos hídricos. As equipes de campo percorrem as bacias que circunscrevem os mananciais utilizados para abastecimento, realizando o monitoramento ambiental dessas áreas. Nessas oportunidades, são feitas vistorias de rotina e inspeção ambiental, com o objetivo de registrar e avaliar ocorrências causadoras de danos ambientais, subsidiando a elaboração de relatórios técnicos (DISTRITO FEDERAL, 2017).

Dentre as principais atividades realizadas destacam-se: (i) planejamento e manejo das bacias hidrográficas; (ii) identificação e recuperação de áreas degradadas; (iii) prevenção e combate a incêndios florestais; (iv) instalação de cercas e sinalização informativa e educativa e; (v) educação ambiental (CAESB, 2014).

C.5.6 - Áreas de Proteção Permanente (APP)

As Área de Preservação Permanente (APP), conforme estabelece a Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012, são área protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Dentre áreas de preservação permanente estabelecidas no art. 4 da Lei n. 12.651/2012 foram identificadas nas bacias em estudo, duas classes, sendo:

- APP de nascente: as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- APP fluvial: as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e

intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

Não foram identificadas as demais classes previstas no citado artigo, sendo: (i) as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais; (ii) as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°; (iii) as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues; (iv) os manguezais, em toda a sua extensão; (v) as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo; (vi) no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°; (vii) as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação; (viii) em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

C.5.7 - Áreas de Reserva Legal (RL)

São as áreas localizadas no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (BRASIL, 2012).

C.5.8 - Severidade e ocorrência do estressor

Com o intuito de preservar a vegetação nativa, o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei n. 12.651/2012) estabeleceu que 20% da propriedade rural deve ser conservada a fim de Reserva Legal. Outra forma de proteção do território são as unidades de conservação, conforme a Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. A meta brasileira estabelecida para regiões fora do bioma Amazônico é de 10% da área do território com Unidades de Conservação. Dessa forma, espera-se que determinada bacia hidrográfica com captação de água para abastecimento, apresente, pelo menos, 30% da área com cobertura vegetal nativa, na região do Cerrado (MELO, 2016).

Melo (2016) propõe que o grau de severidade para este estressor seja avaliado por meio das seguintes faixas de cobertura da terra com vegetação nativa (CVN): baixo, quando a área do território sem CVN é igual ou menor que 50% (sem CVN \leq 50%), ou seja, com CVN \geq 50%; Médio, sem CVN maior que 50% e menor ou igual a 70% (50% < sem CVN \leq 70%), ou seja, com cobertura nativa maior ou igual a 30% e menor que 50% (30 \leq com CVN < 50%); alto, área do território sem cobertura vegetal maior que 70% (sem CVN > 70%), ou seja, com CVN < 30%.

Essas faixas de cobertura vegetal nativa têm como referências a obrigação estabelecida em Lei de 20% de áreas de reserva legal (Lei n. 12.651/2012), e outros 10% a mais protegidos em unidades de conservação (Lei n. 9.985/2000); portanto, quando a vegetação nativa remanescente é menor que 30% da área total do território (CVN < 30), o grau de severidade deve ser considerado alto (BRASIL, 2000; 2012).

A ação humana sobre o ambiente natural é tão antiga quanto a história, e se constitui em vetor de alteração significativa dos ecossistemas naturais, em razão da necessidade de produção de serviços de abastecimento, o que tem gerado a tendência de construção contínua de ambientes artificiais; porém, ocorre que os sistemas naturais não constituem apenas porções da paisagem destinadas à alteração antrópica, eis que “a paisagem não é só um depósito de recursos, [...] é também oikos – a casa - em que devemos viver” (ODUM, 1985 apud GUITTON, 2012).

Reportando o mesmo autor à necessidade “de uma atmosfera equilibrada de CO₂/O₂, água limpa e o tampão climático fornecido pelos oceanos e massas de vegetação” propugna que, para a preservação dos serviços ecossistêmicos, a gestão da paisagem deve variar a proporção entre ambientes naturais (cobertura vegetal nativa) e ambientes artificiais (terras antropizadas) em torno de **3:1** até **5:1**, ou seja, a preservação de porções dos ecossistemas originais entre a **75%** e **83%**, sob pena de custos crescentes e, até, colapso dos sistemas econômico e social, quando mais se reduz esse percentual, que complementa:

“Para os propósitos do modelo, definem-se “terras naturais” como aquela parte da paisagem regional que é autossuficiente ao ponto de ser necessário apenas um mínimo de gerenciamento humano para sua manutenção. Em termos de função, o “ambiente natural” é aquela parte de um sistema de sustentação da vida humana que opera sem entrada energética ou econômica por parte dos seres humanos. [...] Quando a área de terra desenvolvida supera os 40%, o valor da terra desenvolvida e o valor total da paisagem inteira diminuem abruptamente, pois os bens e serviços naturais de sustentação da vida não conseguem satisfazer as demandas do desenvolvimento intensivo agroubano” (ODUM, 1985, p. 315, grifo nosso).

A definição de um parâmetro de alteração máxima do ambiente natural, ou da mínima manutenção aceitável para os ambientes naturais, não é de todo desconhecido entre os cientistas brasileiros; eis que, com efeito, já na Primeira Conferência Brasileira de Proteção à Natureza, realizada em 1934, no Rio de Janeiro, se comunicava a necessidade de reserva ou restauração na proporção de 40% “da área de florestas em torno das produções agrícolas” (FRANCO, 2002 apud GUITTON, 2012).

O Plano de Manejo da APA Descoberto realizou a divisão desta Unidade de Conservação em zonas de uso, visando garantir a ocupação adequada da área. Pelo recorte do zoneamento realizado nas bacias em estudo, verificou-se um percentual de 55,7% de áreas classificadas na Zona de Conservação, sendo composta por (ICMBIO, 2014):

- Áreas de Preservação Permanente (APP);
- Reservas Legais instituídas pelo IBRAM;
- Áreas verdes instituídas nos licenciamentos ambientais;
- Demais remanescentes de vegetação nativa indicadas no mapa de zoneamento;

Dentre as áreas de preservação permanente foram identificadas nas sub-bacias dos córregos Barroco e Capão da Onça, APP de nascente (0,4%) e APP Fluviais (8,4%), totalizando 8,8% da área total em estudo de 33,6 km² (ICMBIO, 2014). Em relação as áreas ocupadas por Reserva Legal, a Instrução normativa n. 05/2014 do IBRAM estabeleceu um percentual mínimo de 20% da porção inserida no território do Distrito Federal (IBRAM, 2014). Dessa forma, somando-se os percentuais de Áreas de Preservação Permanente com os percentuais estabelecidos para Reserva Legal, tem-se um percentual mínimo de 28,8% a ser mantido na área de estudo, conforme proposto por Melo (2016).

Diante o exposto, definiu-se o grau de severidade dos efeitos adversos do estressor “Pressão sobre as condições ambientais” por meio das seguintes faixas:

- **Baixo** – quando a área do território com vegetação nativa é maior ou igual a 55,7% (CVN ≥ 55,7), conforme estabelecido no Plano de Manejo da APA Descoberto (ICMBIO, 2014);
- **Médio** - área do território com vegetal nativa maior ou igual 28,8 % e menor que 55,7% (28,8% ≤ CVN < 55,7%), considerando esta faixa como intermediária entre o limite inferior e superior;

- **Alto** - quando a área do território com vegetação nativa é menor que 28,8% (CVN < 28,8%), considerando-se como o mínimo de cobertura natural o somatório das áreas de preservação permanente e reserva legal para a área em estudo (ICMBIO, 2014; IBRAM, 2014; MELO, 2016);

A propriedade “ocorrência” do estressor foi avaliada tendo por base a taxa média de conversão da cobertura vegetal natural. O valor arbitrado da taxa de 0,04 p.p ao ano referente à conversão da cobertura natural em atividade antrópica, para enquadramento do grau de ocorrência, deriva da perda percentual média da cobertura da terra com vegetação natural verificada no Distrito Federal no período de 2009 a 2017 (NEVES et. al., 2016; CODEPLAN, 2019).

Arbitrou-se que uma área com taxa média de perda da cobertura vegetal acima da média do DF representa grau de ocorrência “alto” do estressor “Pressão sobre as condições ambientais”, enquanto que uma taxa abaixo da média representa grau de ocorrência “médio” e uma taxa igual a zero representa grau de ocorrência “baixo”, conforme descrito a seguir:

- **Baixo:** taxa média de perda da cobertura vegetal natural igual a zero (TMCVN = 0);
- **Médio:** taxa média de perda da cobertura vegetal natural menor ou igual 0,04 p.p ao ano (TMCVN ≤ 0,04 pp);
- **Alto:** taxa média de perda da cobertura vegetal natural maior que 0,04 p.p ao ano (TMCVN > 0,04 p.p).

Neves et al., (2016) analisou a cobertura da terra do DF entre os anos de 1985 e 2015, e os resultados apontam que durante os 30 anos avaliados, a conversão da cobertura natural em atividades antrópicas foi de 195,81 km², o que representa uma taxa de conversão de, aproximadamente, 0,11 p.p ao ano (Tabela 3).

Tabela 3 – Quantificação percentual da cobertura da terra no DF entre 1985 e 2015

Domínio/Ano	1985 (%)	1995 (%)	2005 (%)	2015 (%)
Natural ¹	53,6	51,16	50,42	50,22
Antrópico ²	45,16	47,6	48,34	48,53
Corpos d' Água ³	1,12	1,12	1,12	1,12
Outros ⁴	0,12	0,12	0,12	0,12

Fonte: Neves et. al. (2016)

Legenda: 1. Natural: Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre. 2. Antrópico: Agropastoril (culturas agrícolas e pastagem), Área Construída (áreas urbanas consolidadas ou não consolidadas), Reflorestamento (pinus e eucalipto), Pivô Central (áreas irrigadas por pivô). 3- Os Corpos d'Água representam os reservatórios, lagos e rios. 4 - As classes de cobertura que não se enquadraram em nenhum desses contextos foram classificadas como Outros.

Nota-se que ao longo dos 30 anos avaliados, o período com maiores mudanças foi entre os anos de 1985 e 1995 (P1) e entre o período de 1995 a 2005 (P2). Entre 2005 a 2015 (P3), as classes de cobertura se mantiveram em um estado de equilíbrio (Tabela 4).

Tabela 4 – Quantificação de perda ou ganho das classes de cobertura da terra do DF em km²

Perda/Ganho de Área (km ²)	1985 - 1995	1995 - 2005	2005 - 2015
Natural	-141,40	-42,94	-11,47
Antrópico	141,41	42,96	11,13
Corpos d' Água	0,00	0,00	0,06
Outros	0,00	0,00	0,27

Fonte: Neves et. al. (2016)

No P1 (1985-1995), a cobertura natural sofreu uma perda de 141,40 km² de sua área de abrangência, o que representa uma perda percentual média de 0,24 p.p ao ano nesse período. No P2 (1995-2005), essa perda foi de 42,94 km², representando, percentualmente, uma perda de 0,07 p.p ao ano e no P3 (2005-2015), a perda foi de 11,47 km², uma perda percentual média de 0,02 p.p ao ano.

Na Tabela 5 apresenta-se a quantificação do percentual da cobertura da terra no DF entre os anos de 2009 e 2017, sendo este o período de análise do estressor “Pressão sobre as condições ambientais” nas bacias dos córregos Barroão e Capão da Onça. Verifica-se que a cobertura natural sofreu uma queda de 0,3 p.p em oito anos, passando de 50,38 (2009) para 50,08 (2017) representando uma perda média aproximada de 0,04 p.p ao ano.

Tabela 5 – Quantificação percentual da cobertura da terra no DF entre 2009 e 2017

Domínio	Classe	2009 (%)	2017 (%)	Perda/Ganho (pp)
Natural ¹	Formação Florestal	10,94	10,89	-0,05
	Formação Campestre	22,34	22,14	-0,2
	Formação Savânica	17,10	17,05	-0,05
Antrópico ²	Agropastoril	33,6	33,08	-0,52
	Reflorestamento	1,57	1,73	0,16
	Área Construída	11,26	11,42	0,16
	Pivô Central	1,94	2,44	0,5
Corpos d' Água ³	Água	1,12	1,12	0
Outros ⁴	Outros	0,12	0,12	0

Legenda: 1. Natural: Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre. 2. Antrópico: Agropastoril (culturas agrícolas e pastagem), Área Construída (áreas urbanas consolidadas ou não consolidadas), Reflorestamento (pinus e eucalipto), Pivô Central (áreas irrigadas por pivô). 3- Os Corpos d' Água representam os reservatórios, lagos e rios. 4 - As classes de cobertura que não se enquadraram em nenhum desses contextos foram classificadas como Outros.

REFERÊNCIAS

ADASA. Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Relatório Anual de Atividades da Superintendência de Recursos Hídricos**. Brasília: ADASA, 2018a. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/areas-de-atuacao/recursos-hidricos>. Acesso em: 21 jul. 2019.

ADASA. Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Relatório de Monitoramento Regular da Qualidade da Água Tratada no Distrito Federal**. Brasília. 2018b Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/fiscalizacao-sae1/fiscalizacaoindireta/-monitoramento-regular>>. Acesso em: 19 mai. 2020.

ADASA. Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF. **Plano de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos afluentes distritais do rio paranaíba (PRH – Paranaíba-DF)**. Brasília: ADASA, 2019. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/regulacao-/planos>. Acesso em: 14 set. 2020

ALBUQUERQUE, T. M. A.; MENDES, C. A. B. **Avaliação do processo de gestão de seca: estudo de caso no Rio Grande do Sul**. Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 6, n. 1, p. 17-29, jan-jun. 2009.

ALVES, J. P. H.; FONSECA, L. C.; CHIELLE, R. S.; MACEDO, L. C. B. **Monitoramento da qualidade da água da bacia do rio Sergipe: uma avaliação usando análise de componentes principais**. Florianópolis: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2013.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Mudanças climáticas e recursos hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação**. Brasília: ANA; GGES, 2016.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Portaria n. 149, de 26 de março de 2015. Lista de termos para o Thesaurus**. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20150406034300_Portaria_149-2015.pdf. Acesso em: 21 set 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, DF. 2018. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/porta/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 5 jan. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH)**. Brasília: ANA, 2019a. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade – Índice de qualidade das águas (IQA)**. Brasília: ANA, 2019b. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 20 mai. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Resolução n. 31, de 13 de julho de 2020. Institui o Programa Monitor de Secas**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/_viewpdf/web/?file=/resolucoes/2020/00312020_Ato_Normativo.pdf?22:16:41. Acesso em: 21 set. 2020.

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Resolução nº 5232, de 14 de dezembro de 2016**. Brasília, 2016. Disponível em: <https://anttlegis.datalegis.inf.br/action/UrlPublicasAction.php>. Acesso em: 24 ago 2020.

ARAUJO, P. L.; HAMBURGUER, D. S.; JESUS, T. A.; BENASSI, R. F.; CICCIO, V. **Relação entre a qualidade da água e o uso do solo em microbacias do reservatório Billings, na Região Metropolitana de São Paulo – SP**. Revista de Gestão de Água da América Latina, v.15, e 2. Porto Alegre. 2018.

BEVACQUA, A. G.; CHAGAS, V. B. P.; CHAFFE, P. L. B. **Comparação de métodos de estimativas de secas meteorológicas e hidrológicas**. Foz do Iguaçu: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

BITENCOURT, C. C. A.; FERNANDES, C. V. S. **Correlação entre os parâmetros de qualidade da água e o uso do solo como ferramenta para subsidiar o enquadramento**. Foz do Iguaçu-PR: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

BRASIL. **Decreto n. 88.940, de 07 de novembro de 1983. Dispõe sobre a criação das áreas de proteção de manancial das bacias dos rios São Bartolomeu e Descoberto**. Brasília: ICMBIO, 1983.

BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm. Acesso em: 03 set 2020.

BRASIL. **Decreto n. 5.098, de 03 de junho de 2004**. Dispõe sobre a criação do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos - P2R2, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5098.htm. Acesso em: 24 ago 2020.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Brasília: Casa Civil, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 07 set 2020.

BRASIL. **Portaria de Consolidação n. 05 de 28 de setembro de 2017.** Anexo XX - Do controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: <https://cevsadmin.rs.gov.br/upload/arquivos-/201804/26143402-anexo-xx.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2020.

CAESB. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **SIAGUA - Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal (2014).** Brasília: CAESB, 2014. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/>. Acesso em: 22 jul. 2019.

CAESB. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Relatório da qualidade da água distribuída.** Brasília: CAESB, 2020. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/relatorio-qualidade-agua.html>. Acesso em: 19 mai. 2020.

CASTRO, M. S. N. C. **Emprego de indicadores e índices de sustentabilidade na avaliação de medidas emergenciais de gestão da água: caso da bacia do rio Descoberto-DF.** Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

CECONI, D. E.; ALLASIA, D. G.; FENSTERSEIFER, P.; BERNANDI, I. P.; TASSI, R. **Uso do solo e qualidade da água na bacia de captação DNOS, Santa Maria, RS.** Florianópolis: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo: Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas Brasília.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 19 mai. 2020.

CERH-MG. Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. **Deliberação Normativa n. 49, de 25 de março de 2015.** Estabelece diretrizes e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos. Belo Horizonte, Brasil. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=37775>. Acesso em: 5 jan. 2020.

CODEPLAN. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Catalogo de Mapas da Codeplan.** 2019. Disponível em: <http://catalogo.codeplan.df.gov.br/>. Acesso em: 01 set 2020.

CORRALES, J.; TRIANA, E.; MOREDA, F.; VAN HOUTVEN, G.; **Nexus Analysis for Water Security Under Severe Water Scarcity in Brasilia (DF) Through the Use of a Hydro-Economic Model: A Case Study in the Upper Descoberto Basin.** Brasília: Inter-American Development Bank, 2019.

COSTA JÚNIOR, V. G.; CANDIDO, L. A. **Monitor de secas: um instrumento acessível de subsídio a tomada de decisão.** Foz do Iguaçu: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto n. 31.817, de 21 de junho de 2010.** Regulamenta o inciso II, do artigo 10-B, da Lei n.º 8.255, de 20 de novembro de 1991, que dispõe sobre a Organização Básica do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Brasília: DF, 2010. Disponível em: <http://www.sinj.df.gov.br/sinj>. Acesso em: 20 ago 2020.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto n. 18.585, de 09 de setembro de 1997.** Regulamenta o artigo 30

da Lei complementar n. 17, de 28/01/1997, o qual trata das áreas de proteção de mananciais criadas pelo Plano Diretor de Ordenamento Territorial do DF. Brasília: DF, 1997. Disponível em: <http://www.sinj.df.gov.br/sinj>. Acesso em: 03 set 2020.

DISTRITO FEDERAL. **Plano Distrital de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDSB)**. Brasília: DF, 2017. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/plano-distrital-de-saneamento-basico-e-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>. Acesso em: 20 ago 2020.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto n. 38.528, de 03 de outubro de 2017**. Dispõe sobre a criação da Comissão Distrital do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos - CD-P2R2 no âmbito do Distrito Federal. Brasília: DF, 2017b. Disponível em: <http://www.sinj.df.gov.br/sinj>. Acesso em: 20 ago 2020.

GODINHO, M. M. **Mapeamento de Áreas de Risco Ambiental no Distrito Federal: Influência dos Acidentes Ambientais do Transporte Rodoviário na captação de águas superficiais para abastecimento humano**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 77 p. 2019.

CBH GUANDU. Comitê de Bacia Hidrográfica do Guandu. **Plano de contingência para abastecimento de água (Guandu)**. Rio de Janeiro: CBH Guandu, 2015.

GUITTON, T. L. **Florestas e direito de propriedade nas Constituições Brasileiras.**, 2012. 237p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2012.

HÉLLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Relatório Anual de Acidentes Ambientais 2014**. Brasília: IBAMA, 2014. Disponível em: <https://ibama.gov.br/emergenciasambientais/publicacoes/relatorios>. Acesso em: 20 ago 2020.

IBRAM. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal. **Instrução normativa n. 5, de 22 de janeiro de 2014**. Brasília: IBRAM, 2014b. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/-Norma/76011/Instru_o_5_22_01_2014.html. Acesso em: 07 set 2020

IBRAM. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal. **Simpósio Internacional sobre produtos perigosos**. Brasília: IBRAM, 2018. Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br/capacitacao-e-comunicacao-entre-os-orgaos-durante-simposio-orgaos-destacam-metas-para-acoes-de-atendimento-as-emergencias-com-produtos-perigosos/>. Acesso em 25 ago 2020.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo da APA Bacia do Rio Descoberto**. Brasília: ICMBIO, 2014. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado/unidades-de-conservacao-cerrado/2055-apa-da-bacia-do-rio-descoberto>. Acesso em: 5 set. 2020.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Brasília: Planejamento**. Brasília: ICMBIO, 2016. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado/unidades-de-conservacao-cerrado/2070-flona-de-brasilia?highlight=WyJicmFzXHUwMGVkbGhII0=>. Acesso em: 5 set. 2020.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2017: Resumo Executivo Anual**. Belo Horizonte: Igam, 2018. Disponível em: <http://10.47.16.18:8080/jspui/handle/123456789/2336/>. Acesso em: 20 mai. 2020.

KHALIL, B.; OUARDA, T. B. M. J. **Statistical approaches used to assess and redesign surface water-quality-monitoring networks**. Journal of Environmental Monitoring 11, pp. 1915-1929, 2009.

LIMA, J. E. F. W.; COSTA, E. L.; TEIXEIRA, T. M. N.; ITONAGA, L. C. H.; ROMÃO, G. O. Demanda hídrica no Distrito Federal. In: LIMA, J. E. F. W.; FREITAS, G. K.; PINTO, M. A. T.; SALLES, P. S. B. A. (Eds.). **Gestão da crise hídrica 2016-2018: experiências do Distrito Federal**. Brasília, DF: Adasa: Caesb: Seagri: Emater, 2018. p. 25-32.

MELO, M. C. **Segurança hídrica para abastecimento urbano: proposta de um modelo analítico e aplicação na bacia do rio das velhas, MG**. 2016. 525 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

MENEZES, J. P.; FIA, R.; BELLO, I. P.; OLIVEIRA, L. F. C. **Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana**. Revista de Engenharia Ambiental e Sanitária, v. 21, n. 3, p. 519-534. 2016.

MONTEIRO, A. S. C.; NASCIMENTO, R. S.; SALES, J. M. J.; SILVA, I. S. S.; AGUIAR-NETO, A. O. **Qualidade da água do rio São Francisco e Jacaré por meio de análise multivariada**. Foz do Iguaçu: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

MUNIZ, G. L. **Qualidade da água do ribeirão São Bartolomeu avaliada pelo índice de qualidade da água em ponto de captação para abastecimento no período seco**. Holos, Instituto Federal do Rio Grande do Norte, v. 7, p. 1-19, dez. 2019.

MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; RANGEL, L. P.; MALAQUIAS, J. V. M. **Uso de Técnicas estatísticas multivariadas na avaliação da qualidade da água de corpos hídricos do Distrito Federal**. Foz do Iguaçu: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

NEVES, G.; CARVALHO, D. M.; VASCONCELOS, V.; MARTINS, E. S.; COUTO JUNIOR, A. F. **Padrões das mudanças da cobertura da terra no contexto das grandes bacias hidrográficas do Distrito Federal**. Brasília, DF: CODEPLAN, 2016. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br>. Acesso em: 31 ago 2020

ODUM, Eugene. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1985.

OLÍMPIO, J. L.S. **Análise multicritério do Risco de Desastres Naturais: um estudo sobre a seca na região Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

PARRON, L. M.; LIMA, J. E. F. W.; CRUZ, C. J. D.; FRANCISCON, L. **Geologia, uso da terra e qualidade dos recursos hídricos superficiais na bacia hidrográfica do Rio Preto**. Revista de Estudos Ambientais (Online), v. 11, p. 59-70, 2009.

PIRES, N.; MUNIZ, D.; KISAKA, T.; SIMPLICIO, N.; BORTOLUZZI, L.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA-FILHO, E. **Impacts of the Urbanization Process on Water Quality of Brazilian Savanna Rivers: The Case of Preto River in Formosa, Goiás State, Brazil**. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 12, p. 10671-10686, 2015.

SAMPAIO, J. C. L.; ANDRADE PINTO, E. J. A. **Análise da seca na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Serra Azul**. Foz do Iguaçu: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

SIMONELI, G. F.; JUNGLE, M. K.; DOLL, M. M. **Avaliação da qualidade da água por meio do índice de qualidade de água.** Florianópolis: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

SOUZA, S. A.; AMORIM, R. S.; REIS JUNIOR, D. S. **Análise de tendência das vazões observadas no Distrito Federal.** Foz do Iguaçu: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

STRAUCH, M.; LIMA, J. E.F.W.; VOLK, M.; LORZ, C.; MAKESCHIN, F. **The impact of Best Management Practices on simulated streamflow and sediment load in a Central Brazilian catchment.** Journal of Environmental Management, v. 1, p. 10-16, 2013.

TOMASSELLA, J.; CUNHA, A. P. M. A. **Análise comparativa de índices de seca operacionais para o nordeste brasileiro.** Foz do Iguaçu: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. B.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. **Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio das velhas, estado de minas gerais.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, Brasil, v. 22, n. 1, p. 13–24, 2017.

VOLKMER, J. R. **Qualidade da água de abastecimento público tratada por sistema convencional de um município localizado na região noroeste do rio grande do sul.** 2017. 58 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Fronteira do Sul – Campus Cerro Largo, Cerro Largo, 2017.

WILHITE, D.A.; GLANTZ, M.H. 1985. **Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions.** Water International 10 (3):111–120.

APÊNDICE D – ESTUDO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Este apêndice apresenta detalhamento da análise do uso e ocupação do solo realizada no item 6.1.5, E5 - Pressão sobre as condições ambientais. As classes de uso e ocupação do solo foram agrupadas em domínios com as seguintes definições (TNC, 2019):

D.1 - Vegetação Nativa / Remanescente

- Mata Ciliar: acompanha os rios de médio e grande porte e a vegetação arbórea não forma galerias.
- Mata de Galeria – acompanha os rios de pequeno porte e córregos formando corredores fechados (galerias) sobre o curso de água.
- Cerrado: árvores baixas e arbustos ou árvores com características especiais, associados e espaçados, bem como gramíneas, também denominado campo cerrado.
- Vereda: zona deprimida, com forma que pode ser ovalada, linear ou dirigida dentro de uma área estruturalmente plana ou aplanada pela erosão. Resulta de processos epidérmicos de exsudação do lençol freático, cujas águas geralmente convergem para um talvegue de drenagem concentrada, assinalada por um renque arbustivo e/ou arbóreo, caracterizado por palmeiras de diferentes espécies, particularmente buritis. Pode conter uma área com turfa.
- Campo Limpo: é uma fitofisionomia predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores.
- Campo Sujo: é um tipo fisionômico exclusivamente arbustivo herbáceo, com arbustos e subarbustos esparsos, cujas plantas, muitas vezes, são constituídas por indivíduos menos desenvolvidos das espécies arbóreas do Cerrado sentido restrito.
- Campo de murunduns: pequenas porções de terras mais elevadas, ovais ou circulares, com espécies vegetais típicas do bioma Cerrado. Entre os murunduns, na porção rebaixada topograficamente, predomina uma vegetação graminóide que sofre influência das inundações periódicas.

D.2 - Agricultura

- Culturas temporárias – culturas onde é necessário refazer o ciclo de preparo e plantio a cada safra. Para cada safra o solo precisa ser preparado, corrigido e realizado o plantio. Exemplo: milho, sorgo, arroz, trigo etc.
- Culturas permanentes – Culturas onde não é necessário refazer o ciclo de preparo e plantio a cada safra. Exemplos: café, laranja etc.

D.3 - Pecuária

- Pasto: área caracterizada pelo uso agropecuário. É constituída basicamente de gramíneas e poucas árvores. Pode ser um pasto antropizado, que sofreu intervenção humana para chegar à condição ideal de pastoreio ou natural.

D.4 - Silvicultura/Reflorestamento

- Manejo científico das florestas (nativas ou plantadas) para a produção permanente de bens e serviços de abastecimento.
- Reflorestamento: Manejo para recomposição de florestas (nativas ou plantadas).

D.5 - Outros usos antrópicos

- Infraestrutura e edificações: áreas antropizadas que constituem infraestrutura da sociedade, exemplos: estações de distribuição de energia, pátio ferroviário etc.
- Área Urbana consolidada: área urbana em geral;
- Solo Exposto: Áreas desprovidas de vegetação ou cultura.
- Usos Não Categorizados: área antropizada onde não foi possível determinar o uso baseado nas classes existentes. Essa classe foi devido a existência de alvos que não estavam descritos na lista de classes, esses alvos são principalmente imóveis rurais com pomares ou quintais e loteamentos similares a chácaras, que não possuem características de produção agrícola.

D.6 - Corpos d'agua

- Lago: Corpo de água parada, em geral doce, embora possam existir aqueles com água salgada, como acontece nas regiões de baixa pluviosidade;
- Lagoa: Corpo de água parada, em geral doce, embora possam existir aqueles com água salgada, como acontece nas regiões de baixa pluviosidade.
- Represa/Açude: Barreira dotada de uma série de comportas ou outros mecanismos de controle, construída transversalmente a um curso d'água para controlar o nível das águas de montante, regular o escoamento ou derivar suas águas para canais.

Na Figura 1 e Tabela 1 apresentam-se os resultados do mapeamento do uso e ocupação por domínio e classe de uso no ano de 2017, no qual se verificam os maiores percentuais nas classes de pastagem (22,5%), reflorestamento (16,6%), campo sujo (16,4%) e cultura temporária (11%).

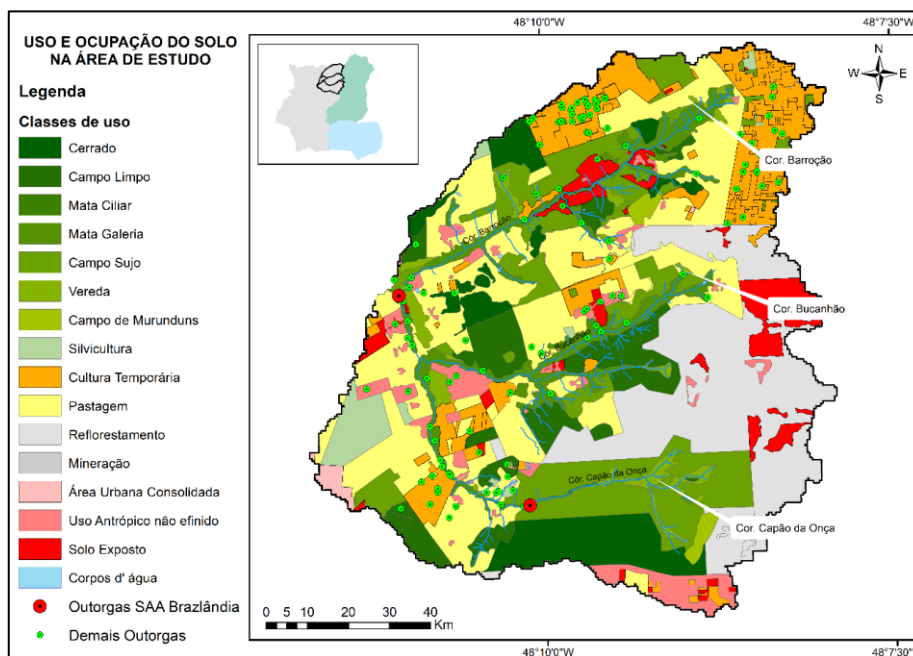


Figura 1 – Mapa de uso e ocupação do solo por domínio/classe de uso na área de estudo em 2017

Tabela 1 – Uso e ocupação do solo por domínio/classe de uso na área de estudo

Domínio	Classe	Área (km2)	Percentual
Vegetação	Campo Sujo	5,50	16,4%
	Campo Limpo	2,34	7,0%
	Cerrado	2,2	6,5%
	Mata Galeria	1,99	5,9%
	Vereda	0,81	2,4%
	Campo de Murunduns	0,22	0,7%
	Mata Ciliar	0,020	0,1%
	Pecuária	Pastagem	7,57
Agricultura	Cultura Temporária	3,70	11,0%
Silvicultura/Reforest.	Silvicultura	0,66	2,0%
	Reflorestamento	5,58	16,6%
Outros Uso Antrópico	Solo Exposto	1,43	4,3%
	Usos Não Categorizados	1,40	4,2%
	Área Urbana Consolidada	0,13	0,4%
	Tanque Artificial	0,007	0,0%
	Infraestrutura e Edificações	0,0006	0,0%
	Corpos d'água	Corpos d'água	0,002
	Lagos ou Lagoas	0,001	0,0%
Total		33,62	100%

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO ENCAMINHADO À CAESB

O questionário aplicação à prestadora de serviços (Caesb) teve como objetivo coletar informações complementares à análise dos efeitos/impactos adversos dos estressores da água bruta do SAA Brazlândia efetuada nos item 6.2, sendo estes: “Demanda por água”; “Estiagem/Seca”; “Poluentes ordinários”; “Poluentes acidentais”; “Pressão sobre as condições ambientais”.

E.1 - Questões relativas ao monitoramento da disponibilidade hídrica

E.1.1 - Como são feitas as coletas dos dados das estações fluviométricas 60434000 Capão da Onça - Mont. Captação, 60434500 Capão da Onça - Brazlândia, 60434550 Barroão Montante Captação: manuais, automatizadas ou telemétricas? Qual a frequência de coleta dos dados? No período de estiagem, é feito monitoramento mais frequente?

Resposta Caesb: Atualmente, as coletas de dados nas estações fluviométricas em questão são feitas de forma manual, com a utilização de molinete hidrométrico, para a medição de vazão. A frequência de coleta desses dados é mensal. No período de estiagem, não necessariamente, porém, a coleta pode ser feita com frequência quinzenal, no entanto, isso vai depender da necessidade da Companhia, na obtenção de dados com essa frequência.

E.1.2 - Quais os parâmetros de monitoramento da água bruta avaliados nos mananciais do Barroão e Capão da Onça? Qual a frequência de coleta dos dados de qualidade?

Resposta Caesb: Alcal./CO₃= (mg/L); Alcal./HCO₃- (mg/L; Alcalinidade (mg/L); Cianobactérias (cel./mL); Cloreto (mg/L); CO₂ (mg/L); Coliformes termotolerantes/E.coli (NMP/100mL); Coliformes totais (NMP/100mL); Condutividade (µScm-1); Cor aparente (uH); Ferro dissolvido (mg/L); Ferro total (mg/L); Fluoreto (mg/L); Fósforo total (mg/L); Nitrato/N-NO₃ (mg/L); Nitrito/N-NO₂ (mg/L); Nitrogênio de Amônia (N-NH₃) (mg/L); Nitrogênio total (mg/L); OD (mg/L); pH; SDT (mg/L); SS (mg/L); ST (mg/L); Sulfato (mg/L); Sulfeto(mg/L); Sulfeto/H₂S ã dis. (mg/L); TC (mg/L); Temp. água (°C); Turbidez (uT). Frequência Bimestral.

E.1.3 - Qual o atual índice de monitoramento da qualidade da água bruta dos mananciais da Caesb, em especial nos mananciais do Barroão e Capão da Onça? Quando da utilização do IQA como índice de qualidade da água bruta, qual o motivo da adaptação do indicador em relação aos parâmetros utilizados pelo IQA-CETESB? Ou seja, porque foram escolhidos pela CAESB os parâmetros Cor verdadeira (uH), Ferro total (mg/L), Cloreto (mg/L), em detrimento dos parâmetros de Temperatura, Sólidos totais, OD e Fósforo presentes no IQA-CETESB? Quais as características dos mananciais do DF que justificaram a adaptação realizada?

Resposta Caesb: tradicionalmente a Caesb calculava um Índice de Qualidade da Água (IQA) regional e por ela desenvolvido, com base nos seguintes parâmetros: pH, cor, turbidez, Feto total, NH₃, DQO/OC/TC, cloretos e coliformes totais. Esse índice era empregado, exclusivamente, pela Caesb e diferia do IQA adotado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em âmbito nacional, com o qual não permitia comparações. Já tendo sido atendido o objetivo inicial de subsidiar a adoção de tecnologia de tratamento de água pela Caesb, o IQA por ela desenvolvido se tornou nos últimos anos muito pouco útil já que não poderia nem ser comparado com o IQA Nacional adotado pela ANA nem tinha grande significado frente a Resolução CONANA n. 357, o que justificou a sua extinção. Um novo índice para avaliação da qualidade da água encontra-se em desenvolvimento pela Caesb. Trata-se do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), inspirado no indicador mundialmente conhecido como CCME-WQI, desenvolvido pelo Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente (CCME).

E.1.4 - A Caesb elabora relatórios periódicos de monitoramento da qualidade da água bruta dos mananciais do Barroão e Capão da Onça? Qual a frequência?

Resposta Caesb: *Atualmente a Companhia não elabora relatórios de qualidade da água dessas captações.*

E.1.5 - Quais problemas ambientais foram identificados na bacia do córrego Barroão nos últimos anos pela área de proteção de mananciais da Caesb com prejuízo ao abastecimento?

Resposta Caesb: *Os principais problemas enfrentados pela Caesb na bacia do córrego Barroão estão relacionados a disponibilidade hídrica, especialmente no período de estiagem, entre setembro e novembro. Os fatores que afetam direta ou indiretamente a disponibilidade hídrica na bacia identificados pela Caesb nos últimos anos são: manutenção inadequada das estradas rurais - necessidade de construção de barraginhas; necessidade de construção de terraços nas propriedades rurais para conservação de água e solo; necessidade de melhoria das técnicas de irrigação - sistemas mais eficientes; necessidade de construção de reservatórios de água nas propriedades rurais; parte do uso dos recursos hídricos sem outorga; diminuição da disponibilidade hídrica por fatores que podem estar relacionados à mudanças climáticas e ao aumento do número de poços profundos na região; não cumprimento dos acordos de uso dos recursos hídricos no período de estiagem; revestimento de canais de irrigação; desrespeito, em algumas propriedades, dos limites de Área de Preservação Permanente - APP.*

E.2 - Questões relativas ao monitoramento operacional da ETA Brazlândia

E.2.1 - A tecnologia de tratamento convencional utilizada atualmente está adequada a qualidade da água bruta? Existe previsão de melhorias na tecnologia de tratamento?

Resposta Caesb: *Não foi observado em termos de qualidade, mas apenas na oferta de vazão d'água bruta no período de estiagem, entre setembro a novembro.*

E.2.2 - Quais os parâmetros de qualidade da água são monitorados na Estação? Qual a frequência de monitoramento de cada parâmetro?

Resposta Caesb: *É realizado o monitoramento de hora em hora: da vazão das águas brutas (Barroão e Capão); da turbidez das águas brutas, da decantada, da filtrada e da água tratada; da cor das águas brutas, da decantada, da filtrada e da água tratada; do pH das águas brutas, coagulada e tratada; do teor de alumínio; do residual de cloro e do teor de flúor na água tratada.*

E.2.3 - Foi observada piora na qualidade da água bruta do Barroão nos últimos anos decorrentes do uso e ocupação do solo na bacia?

Resposta Caesb: *Não foi observado em termos de qualidade, mas apenas na oferta de vazão d'água bruta no período de estiagem, entre setembro a novembro.*

E.2.4 - O aumento das concentrações de Fe total (mg/L) na água bruta pode prejudicar o tratamento? Tem sido observado o aumento de ferro nos últimos anos? Se sim, o que pode estar causando esse aumento?

Resposta Caesb: *O aumento das concentrações de Fe total (mg/L) pode impactar na cor da água tratada, mas não é causa de preocupação no tratamento da ETA Brazlândia. No ano de 2019, por exemplo, as análises realizadas apresentaram resultados < 0,1 mg/L.*