

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO RESERVATÓRIO DO
DESCOBERTO FRENTE A ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO
PARA A RIDE DF/ENTORNO COM USO DE SISTEMA DE
INFORMAÇÃO PARA GERENCIAMENTO DA ALOCAÇÃO DE
ÁGUA-SIGA**

GUILHERME DA SILVA PEREIRA

**ORIENTADORA: CONCEIÇÃO DE MARIA ALBUQUERQUE
ALVES**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA
AMBIENTAL**

BRASÍLIA/DF

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO RESERVATÓRIO DO
DESCOBERTO FRENTE A ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO
PARA A RIDE DF/ENTORNO COM USO DE SISTEMA DE
INFORMAÇÃO PARA GERENCIAMENTO DA ALOCAÇÃO DE
ÁGUA-SIGA**

GUILHERME DA SILVA PEREIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.

APROVADA POR:

**CONCEIÇÃO DE MARIA ALBUQUERQUE ALVES, PhD (ENC/UnB)
(ORIENTADOR)**

**OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO, DsC (ENC/UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**RICARDO TEZINI MINOTI
(EXAMINADOR INTERNO), DsC (ENC/UnB)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 14 de DEZEMBRO de 2015.

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, GUILHERME DA SILVA

Avaliação do comportamento do reservatório do Descoberto frente a alternativas de abastecimento para a RIDE DF/Entorno com uso de Sistema de Informação para Gerenciamento da Alocação de Água –SIGA.

ix, 94 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2015)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- | | |
|---------------------------------|----------------------|
| 1. Gestão de Recursos Hídricos | 2. RIDE DF e Entorno |
| 3. Sistema de Suporte à Decisão | 4. SIGA |
| I. ENC/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, G.S. (2015). Avaliação do comportamento do reservatório do Descoberto frente a alternativas de abastecimento para a RIDE DF/Entorno com uso de Sistema de Informação para ao Gerenciamento da Alocação de Água –SIGA. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 94 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Guilherme da Silva Pereira

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Avaliação do comportamento do reservatório do Descoberto frente a alternativas de abastecimento para a RIDE DF/Entorno com uso de Sistema de Informação para Gerenciamento da Alocação de Água –SIGA
GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2015

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Guilherme da Silva Pereira
sciguilherme@gmail.com

AGRADECIMENTOS

O curso de Engenharia Ambiental, foi um curso cheio de descobertas e revelações para mim. Me tornei uma pessoa com pensamento mais crítico e isso além de me fazer crescer também me mostrou que a vida é cheia de obstáculos. Para passar por mais essa etapa e finalizar essa graduação, agradeço primeiramente a Deus por me fazer forte nesses cinco anos e por todas as oportunidades que Ele me deu.

Agradeço aos docentes desta Universidade, que durante todo este caminho contribuíram para a minha formação e me mostrou valores que sempre levarei comigo. Agradeço em especial aos orientadores de projetos de extensão, iniciação científica e deste projeto final de graduação pela confiança e paciência, acreditando sempre no meu potencial.

Agradeço a minha família pelo apoio e encorajamento, principalmente meus pais e irmãs, que sempre estiveram presentes de alguma forma nesses cinco anos de graduação. Em especial, agradeço a minha mãe pelo amor e cuidado que teve por mim, sempre acreditando no meu potencial e me mostrando os caminhos que eu deveria seguir. Ao meu pai eu agradeço pelo carinho e incentivo, sempre me ensinando sobre cada decisão que tomei ao longo da vida e me orientando, através de sua própria experiência de vida, o que seria o melhor pra mim, e de fato foi o melhor. Divido esta conquista com eles.

Agradeço aos amigos que fiz ao longo de minha graduação, estes que estiveram comigo dividindo dificuldades e superações, principalmente nesse final e durante a produção dessa monografia.

Agradeço em especial a minha companheira, Bruna de Sousa Cavalcanti, que esteve sempre presente ao meu lado nos momentos tristes e alegres, sempre me apoiando e me fazendo acreditar que as dificuldades iriam ser superadas. A ela eu divido esta conquista.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	1
2.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3.	MARCO CONCEITUAL E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	GESTÃO DE ALOCAÇÃO DA ÁGUA.....	4
3.1.1	CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA	5
3.1.2	ASPECTOS LEGAIS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	8
4.	AVALIAÇÃO SITUACIONAL DA ÁREA DE ESTUDO	14
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS DO DISTRITO FEDERAL E ENTORNO	14
4.1.1	BACIA HIDROGRÁFICA PARANÁ	15
4.1.1.1	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORUMBÁ.....	15
4.1.1.2	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DESCOBERTO.....	16
4.2	DISCRETIZAÇÃO DA REDE DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DF	16
4.2.1	SISTEMA DESCOBERTO	17
4.3	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DO ENTORNO INSERIDOS NA RIDE	18
5.	SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO	21
5.1	SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA O GERENCIAMENTO DA ALOCAÇÃO DE ÁGUA – SIGA	23
5.1.1	PROPRIEDADES GERAIS DE PROJETO.....	23
5.1.2	MÓDULO DESENHO REDE DE FLUXO	25
5.1.3	MÉTODO DE THIESSEN – CÁLCULO DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA	27
5.1.4	MÓDULO OPERAÇÃO DE SISTEMAS.....	29
5.1.5	MÓDULO DE VISUALIZAÇÃO DE RESULTADOS	33
6.	METODOLOGIA	35
6.1	REPRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO SIGA.....	36
6.1.1	BASE DE DADOS	36

6.1.1.1	DEMANDAS PARA O DF E PARA ALGUNS MUNICÍPIOS DA RIDE – DF E ENTORNO	37
6.1.1.2	CÁLCULO DA DRENAGEM DIRETA AO RESERVATÓRIO	39
6.1.1.3	DESCRIÇÃO E MONTAGEM DA REDE HÍDRICA NO SIGA.....	40
6.2	GERAÇÃO DE CENÁRIOS.....	41
6.2.1	SIMULAÇÕES POR REGRA DE OPERAÇÃO.....	46
7.	RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS	47
7.1.	BALANÇO HÍDRICO NO RESERVATÓRIO DESCOBERTO.....	47
7.1.1.	CENÁRIO TENDENCIAL	48
7.1.2.	CENÁRIO TENDENCIAL COM GESTÃO	54
7.1.3.	CENÁRIO DE MAIOR DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO COM GESTÃO	55
7.1.4.	CENÁRIO DE MAIOR DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO	57
8.	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
	APÊNDICE A – RESULTADO DAS SIMULAÇÕES NO SIGA.....	67
	APÊNDICE B – MAPAS RIDE DF E ENTORNO	77
	ANEXOS – DADOS HIDROLÓGICOS	79
	APÊNDICE C – GLOSSÁRIO DA REDE DE FLUXO PARA O SISTEMA INDIVIDUAL E CONSORCIADO	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 3. 1 - Disponibilidade e consumo médio por classe de uso da água em m ³ /s (Fonte: ANA, 2014)	6
Tabela 3. 2 - Domínio da água por Município, Estado e País (Fonte: BRASIL, 1934)	10
Tabela 4. 1 - RAs e Municípios inseridos na Bacia do Corumbá (Fonte: PGIRH, 2012)...	16
Tabela 4. 2 - RAs e Municípios inseridos na Bacia do Descoberto (Fonte: PGIRH, 2012)	16
Tabela 4. 3 - Representação do Sistema Descoberto de Abastecimento (Fonte: CAESB, 2014, modificado).....	18
Tabela 4. 4 - Descrição do sistema de abastecimento dos municípios da RIDE.....	20
Tabela 5. 1 - Representação dos valores da Série Ano-Mês-Valor	26
Tabela 6. 1 - Projeção de demanda para o Rio Descoberto (Fonte: PGIRH, 2012)	37
Tabela 6. 2 - Projeção populacional para os municípios da RIDE – DF e Entorno (RIDE-SAB, 2015)	39
Tabela 6. 3 - Descrição das simulações no modelo	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 3. 1 - Avaliação quantitativa da disponibilidade de água por Bacia Hidrográfica (Fonte: ANA, 2010).....	7
Figura 4. 1 - Caracterização do Distrito Federal por Bacia Hidrográfica (Fonte: PGIRH, 2012).....	15
Figura 4. 2 - Mapa de Localização da RIDE (Fonte: RIDE-SAB, 2015).....	19
Figura 5. 1 - Representação da aba superior do SIGA	24
Figura 5. 2 - Legenda Representativa dos Nós e Trechos	26
Figura 5. 3 - Inserção dos arquivos para o cálculo do Thiessen	28
Figura 5. 4 - Inserção dos dados hidrológicos para o cálculo do Thiessen	29
Figura 5. 5 - Caixas de Informações de dados hidrológicos no SIGA	30
Figura 5. 6 - Representação do módulo Operação de Sistemas.....	31
Figura 5. 7 - Representação da execução por otimização no SIGA	32
Figura 5. 8 - Caixa de informação com erros de execução do modelo.....	33
Figura 5. 9 - Caixa de execução do módulo Operação de Sistemas	34
Figura 6. 1 - Etapas de Desenvolvimento do Projeto	35
Figura 6. 2 - Representação do sistema Descoberto no SIGA.....	36
Figura 6. 3 - Representação do subsistema da ETA Descoberto no SIGA	40
Figura 6. 4 - Representação do sistema RIDE – DF e Entorno no SIGA.....	41
Figura 6. 5 - Representação dos Cenários de atendimento.....	45
Figura 7. 1 - Curva de Garantia do reservatório Descoberto.....	47
Figura 7. 2 - Balanço hídrico do reservatório Descoberto em 2015.....	48
Figura 7. 3 - Ocorrência de falhas para o conjunto de RAs de maior prioridade do DF em 2035	49
Figura 7. 4 - Escassez de oferta no sistema para o Cenário Tendencial no ano de 2035	50
Figura 7. 5 - Ocorrência de falhas para as RAs de menor prioridade (representação da RA Santa Maria)	51
Figura 7. 6 – Escassez de Oferta para o cenário tendencial em 2040.....	52
Figura 7. 7 - Quadro resumo do balanço hídrico do Descoberto para o cenário tendencial em 2040.	52

Figura 7. 8 - Quadro resumo para o Cenário tendencial de atendimento as RAs de maior prioridade do DF em 2040.....	53
Figura 7. 9 - Quadro resumo do atendimento das RAs de maior prioridade do DF em 2040 para o Cenário tendencial com gestão	54
Figura 7. 10 - Demandas periódicas para o Cenário tendencial com gestão no DF (direita) e na RIDE (esquerda) em 2040	55
Figura 7. 11 – Quadro de atendimento para as RAs de prioridade inferior no DF (representado pela RA Santa Maria) em 2040 no Cenário de Maior desenvolvimento econômico com gestão.....	57
Figura 7. 12 - Liberações do Descoberto para o cenário de Maior desenvolvimento econômico em 2040.....	58
Figura 7. 13 - Liberações do Descoberto para o Cenário de Maior desenvolvimento econômico no âmbito da RIDE em 2035	59

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 5.1 – Cálculo da Precipitação média de Thiessen.....	28
Equação 5.2. – Cálculo do balanço hídrico do Reservatório no SIGA.....	32
Equação 6.1 – Cálculo do percentual de variação temporal da Demanda.....	38

LISTA DE SIMBOLOS, NOMENCLATURAS E SIGLAS

ADASA	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal
ANA	Agência Nacional de Águas
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CF	Constituição Federal
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
SSD	Sistema de Suporte à Decisão
SIGA	Sistema de Informação para o Gerenciamento de Alocação da Água
DF	Distrito Federal
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
ha	Hectare
km ²	Quilômetro Quadrado
m ³	Metros Cúbicos
m ³ /s	Metros Cúbicos por segundo
PDAD	Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios
PGIRH	Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal
PTP's	Poços Tubulares profundos
RA	Região Administrativa
RH	Recursos Hídricos
RIDE	Região Integrada de Desenvolvimento Econômico
SNIS	Sistema de Informações sobre o Saneamento

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial e insubstituível à vida e, de acordo com a legislação Brasileira, dotado de valor econômico e de domínio público.

Devido a sua importância ecológica, econômica e sanitária, é frequente que haja interesses conflitantes pelo o uso da água dentro de uma mesma bacia ou em regiões hidrográficas mais amplas, havendo ainda a necessidade de transferência de recursos de uma bacia para outra.

Embora o Brasil possua relativo destaque por possuir água em abundância, ao se visualizar a distribuição da água em todo país já é observado que existem situações críticas de falta de água, de comprometimento da qualidade da água e da junção dos dois problemas. Com isto, diversos setores usuários da água já estão apresentando preocupações com a possibilidade de comprometimento de suas atividades. Como consequência, estes usuários apresentam interesses conflitantes requerendo ações externas de gestão e governabilidade para que esses conflitos possam ser mediados sem comprometer interesses individuais e nem entrar em desacordo com as legislações vigentes.

A gestão Integrada dos Recursos Hídricos então busca promover o uso racional da água e a preservação e manutenção do meio ambiente, na qual resulta a compatibilidade entre o desenvolvimento socioeconômico e a proteção ambiental (Ramos, 2007; Tundisi e Matsumara-Tundisi, apud, Gonçalves, 2008).

A gestão, através de suas alternativas de ações, busca compreender e organizar a sistemática relacionada aos usos da água. Neste aspecto, destacam-se os Sistemas de Suporte à Decisão – SSD, como auxiliares à tomada de decisão a partir da visualização do comportamento do sistema hídrico atual e qual as suas tendências. Com o uso dos SSD espera-se que o processo de tomada de decisão possua maior confiabilidade, pois através deste sistema será possível vislumbrar, com maior propriedade, as cadeias de ações necessárias para que possam assegurar a sustentabilidade dos múltiplos usos dos recursos hídricos numa bacia.

Portanto, buscou-se neste trabalho avaliar a aplicação do Sistema de Informação para Gerenciamento de Alocação da Água - SIGA como sistema de apoio à gestão dos recursos hídricos através do planejamento estratégico e controle operacional do sistema de abastecimento do reservatório Descoberto, de modo a avaliar a capacidade do modelo em

responder ao tomador de decisão sobre quais são as perspectivas do sistema em abastecer confortavelmente as demandas de abastecimento do DF e sua aplicabilidade na geração de cenários considerando a evolução demográfica, aporte de novas regiões de abastecimento, como os municípios do entorno do DF, e a inserção de novos mananciais, como o Corumbá IV, que vão contribuir para a mitigar as pressões sobre o Descoberto e atenderão novas localidades como os Municípios da porção Sul e Sudoeste do DF, bem como algumas regiões administrativas da porção Sul do DF. Desta forma, tornaria factível a utilização do sistema Descoberto como alternativa de abastecimento para os Municípios de Águas Lindas de Goiás, Cocalzinho de Goiás e Santo Antônio do Descoberto situados na porção Oeste do DF nas imediações do Descoberto e que possuem seus sistemas comprometidos no aspecto operacional.

Ao decorrer deste estudo, será abordado o marco conceitual a respeito da gestão de recursos hídricos, a aplicação do SIGA como sistema de suporte a decisão e recomendações para futuros projetos de pesquisa.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo avaliar, em nível de planejamento, a possibilidade do sistema Descoberto em atender as demandas por abastecimento público de alternativas consorciadas no âmbito da RIDE DF e Entorno com base na aplicação da ferramenta SIGA – Sistema de Informação para o Gerenciamento da Alocação de Água.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Representar e modelar o sistema hídrico do Descoberto com o uso da ferramenta SIGA;
- II. Avaliar o comportamento do sistema hídrico do Descoberto frente a cenários de evolução demográfica das regiões administrativas abastecidas por esse reservatório;
- III. Avaliar a capacidade do sistema em atender as demandas dos municípios do Entorno localizados na porção Oeste e Sudoeste do Distrito Federal, considerando a inclusão do reservatório Corumbá IV como alternativa para uma parcela das atuais demandas do Descoberto.

3. MARCO CONCEITUAL E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No decorrer deste capítulo, serão abordados conceitos técnicos e legais relevantes à gestão das águas, a fim de elucidar este assunto bem como a sua aplicabilidade.

3.1 GESTÃO DE ALOCAÇÃO DA ÁGUA

A água é um elemento essencial e insubstituível à vida que, de acordo com a legislação Brasileira, corresponde a um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e de domínio público (BRASIL, 1997).

Por possuir finalidades econômicas e ecológicas, a gestão dos recursos hídricos possui papel fundamental na manutenção e suprimento das demandas atuais e futuras, nas quais estão cada vez mais comprometidas devido aos fenômenos climáticos associados ao crescimento populacional e conseqüentemente a altas pressões de demanda por água, bem como promover o uso seu racional (Figueroa, 2007).

Por ser um insumo base para as diversas atividades humanas, faz-se viável avaliar a gestão da água a partir das suas formas de consumo. Os usos da água então podem ser classificados como consuntivos e não-consuntivos. Os usos consuntivos são denominados aqueles usos que de fato há o consumo do recurso hídrico para que ele ocorra, como a irrigação, abastecimento urbano e industrial, entre outros, já os não-consuntivos são denominados aqueles usos que não necessitam de consumo de água para que ocorram, como a recreação, navegação e geração de energia elétrica (Campos et al., 2002).

Essa visualização do uso da água quanto à forma de consumo se torna um facilitador aos instrumentos de gestão, como explicitado na Política Nacional de Recursos Hídricos, onde faz referência ao estímulo pelo uso múltiplo da água, como forma de otimizar a utilização desses recursos, tentando satisfazer uma abrangência maior de usuários.

Com o atendimento aos usos múltiplos, há de se fazer referência que estes conflitos ocorrem muitas vezes de forma simultânea ou um uso acaba sendo limitador ou excludente de outro uso, sendo necessários que a gestão, a partir de seus diversos instrumentos associados aos embasamentos legais, seja ativa para conciliar estes conflitos.

A gestão de alocação de água ocorre então de forma estrutural e não estrutural (estruturante), com vista a se alcançar a otimização dos usos múltiplos da água, devendo contemplar os diversos atores da sociedade, como o Poder Público, a Indústria e a Sociedade Civil na qual possuem interesses de demanda e preferências distintas (Vieira e Ribeiro, 2005).

O gerenciamento da água na forma estrutural consiste em investimentos em obras estruturais com a finalidade de garantir ou ampliar a oferta de água, seja através de reservatórios, canais, sifões, perfurações de poços, entre outros. Já a gestão em caráter estruturante, consiste em ações de gerenciamento de forma a fornecer auxílio político na prestação dos serviços públicos (Plansab, 2013).

Desse modo, planejar as formas com que os usuários terão acesso à água através dos instrumentos de gestão de recursos hídricos se mostra necessário para solucionar e evitar as situações de conflitos por demanda entre os usuários, e também, satisfazer a sustentabilidade ambiental, agora e nas gerações futuras (Cardoso da Silva e Monteiro, 2004).

Como forma de assegurar que as demandas econômicas, sociais e ambientais sejam atendidas, diversos planos de recursos hídricos já vem sendo instituídos nas bacias hidrográficas, em caráter estadual e interestadual, quando se constata situações mais conflitantes.

3.1.1 Conflitos pelo uso da água

Já se é conhecido que a água não é um recurso ilimitado, porém, há de se observar que a disponibilidade hídrica, além de limitada, é também desproporcional no espaço e no tempo, sendo abundante o suficiente em alguns locais para suprir todas as demandas e também escassa em diversos outros (Di Mauro, 2014).

Como a água pode possuir diversos usos, há de se presumir que em alguns momentos os interesses irão se contrapor e então o surgimento de conflitos, principalmente quando se trata de usos consuntivos, onde a satisfação de um interesse poderá ser limitadora para o atendimento de outro.

No contexto nacional, a relação disponibilidade-demanda média é satisfatória, não evidenciando uma situação de déficit de recursos hídricos (Tucci, et al., 2000). Porém, as

distribuições espaciais e temporais do recurso ocasionam em problemas de enchentes e secas severas no mesmo território.

Segundo o relatório Conjuntura da Agência Nacional de Águas (ANA, 2014), conforme descrito na tabela 3.1, as vazões retiradas para consumo consuntivo (humano e animal) são inferiores a 2% da oferta total disponível para consumo, o que demonstra que o Brasil possui valores médios satisfatórios de quantidade de água.

Tabela 3. 1 - Disponibilidade e consumo médio por classe de uso da água em m³/s (Fonte: ANA, 2014)

Usos Consuntivos	Vazões Retiradas em 2012	Vazões Consumidas em 2012	Vazões Retiradas em 2009	Vazões Consumidas em 2009	Disp. Hídrica Sup.	Disp. Hídrica Sub.
Urbana	522	104	479	256,5	-	-
Rural	34,5	18	37	20	-	-
Animal	151,5	125	147	79	-	-
Irrigação	1.270	836	865,5	463,7	-	-
Industrial	395	78	313	167,7	-	-
Valor Total	2.373	1.161	1.841,5	986,4	180.000	11.430

Destaca-se, entre os dados observados, o aumento do consumo em três anos de observação, que correspondeu a aproximadamente 30%, o que em valores absolutos não demonstra ser um valor preocupante quando se avaliado ao montante disponível, mas que é representativo quando se associa à distribuição da disponibilidade hídrica entre as diversas bacias hidrográficas com a população residente em cada bacia.

A partir da visualização da figura 3.1, nota-se que o Brasil apresenta déficit de água devido a esta heterogeneidade na distribuição da oferta. Segundo o relatório de conjuntura ANA (2014), 45,5% da população, na qual habita a região costeira do Brasil (bacias Atlânticas), convive com menos de 3% da oferta hídrica, enquanto toda a população da região Norte, correspondendo a 5% da população nacional, convive com mais de 80% de toda a oferta hídrica.



Figura 3. 1 - Avaliação quantitativa da disponibilidade de água por Bacia Hidrográfica (Fonte: ANA, 2010)

Com isso, já se torna preocupante a situação de oferta de hídrica do Brasil atualmente em algumas bacias hidrográficas, causado pelo déficit hídrico principalmente na região costeira. A situação de baixa oferta de água se agrava quando está condicionada a situações de qualidade, nas quais, para que se possa atender a algum uso, consuntivo ou não, necessita de padrões mínimos de qualidade.

A gestão dos Recursos Hídricos então, se dará no âmbito da oferta e demanda, pois as duas situações trazem impactos nas questões sanitárias, sociais e ambientais. A atuação da gestão é com foco a minimizar as situações extremas de disponibilidade hídrica e falta de qualidade, bem como intervir na formação de cenários futuros mais promissores, tentando articular a demanda com as disponibilidades existentes.

A literatura técnica e científica aborda com clareza conflitos existente por interesses contrários na utilização da água para satisfação. Alguns desses trabalhos são apresentados a seguir:

- Tucci, et al. (2000) relatam sobre conflitos entre abastecimento e agricultura, que segundo o autor caracterizam em sua grande parte problemas de caráter local, podem ser solucionados se houvessem políticas de regulação e prevenção, reduzindo então o impacto por este conflito.
- Vieira e Ribeiro (2005) abordam sobre reformulação de modelo de Recursos Hídricos da cidade de Campo Grande – PB, local este já é observado problemas por déficit hídrico. Com isto, foram simulados conflitos existentes entre os principais setores usuários da água.
- Peixoto e Maud (2003) abordam sobre os conflitos existentes na bacia hidrográfica do Sapucaí/Grande, antes e após a instalação de três Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) a partir da criação de cenários para satisfação de usos múltiplos (abastecimento urbano, industrial, irrigação e energia elétrica), com foco em avaliar a confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade.
- Machado (2009) aborda sobre procedimentos de análise de conflitos entre irrigação e geração de energia elétrica a partir de estudo de caso, com uso de Sistema de Suporte à Decisão.
- Getirana, et al. (2007) abordam sobre conflitos por agricultores, com foco em maximizar economicamente o uso da água a partir de Programação Linear, com geração de cenários para a mediação de conflitos com foco nos critérios de otimização: Maior eficiência, maior lucro e controle da demanda.

3.1.2 Aspectos Legais de Gestão de Recursos hídricos

Os direitos relativos aos usos da água diferem em cada país. Nos Estados Unidos, por exemplo, o critério de alocação de água se dá na forma de direito do primeiro usuário – *first in time, first in right* na qual o direito do uso da água se dá pela forma de quem chegou primeiro ao recurso, e será conseqüentemente o primeiro a ter o direito da água (Campos et al., 2002). Outra doutrina vigente se deve ao direito da água decorrente do direito da terra, conhecida como doutrina das apropriações ribeirinhas (Wurbs, apud Silva, 1995).

No Brasil, as discussões a respeito da disponibilidade hídrica foram fortemente discutidas na década de 90, impulsionados pela realização da Eco 92 (RIO-92) e também pela Constituição Federal de 1988, onde se passou a visualizar a não finitude de água, necessitando de ações humanas para que estes problemas, já enxergados, passassem a ser minimizados (Machado, 2003). Porém, a primeira legislação a tratar sobre este assunto já havia mais de cinquenta anos, sendo o Decreto Federal nº 24.643, de 10 de Julho de 1934 (Código das Águas) o marco inicial na legislação nacional sobre assuntos relacionados às águas que, atualmente encontra-se em desuso em alguns aspectos (Von Sperling, 1998). No entanto, existem alguns assuntos que são ainda são vigentes e que valem ser ressaltados, como:

- I. Reconhecimento da água como um recurso, ao tratar dos potenciais hidráulicos da água;
- II. Concepção de múltiplos usos – Ainda que não traga explicitamente a terminologia muito usada atualmente (usos múltiplos), o texto traz referência a satisfação dos usos múltiplos da água que poderiam ocorrer, como explicitado no artigo 43º;
- III. Domínio das águas pluviais – O código das águas é o primeiro e único código a trazer essa referência ao domínio das águas pluviais, sendo este o único domínio passível a ser considerado de caráter particular;
- IV. Os domínios da água – As águas públicas de uso comum possuem diversos domínios, descrito na tabela 3.2.

Tabela 3. 2 - Domínio da água por Município, Estado e País (Fonte: BRASIL, 1934)

Domínios da água	Tipos
Municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Águas Superficiais situados exclusivamente no território do município • Águas nas quais vir à conveniência do Estado transferir para o município
Estadual	<ul style="list-style-type: none"> • Águas Superficiais que servem de limites para dois ou mais Municípios • Águas Superficiais que percorram parte de dois ou mais territórios Municipais
Federal	<ul style="list-style-type: none"> • Águas Marítimas • Águas superficiais que sirvam de limites entre o Brasil e outro país ou que se estendem a outros países. • Águas superficiais que sirvam de limites entre dois ou mais estados • Águas superficiais que servem dois ou mais estados

Após esta etapa, a água passou a ter enfoque na Legislação nacional ao ser tratada na CF, onde trouxe uma doutrina distinta às citadas anteriormente, a Constituição Federal definiu os recursos hídricos superficiais e subterrâneos como bens da União ou dos Estados não podendo haver recursos hídricos naturais, de propriedade particular (BRASIL, 1988). Esta nova visualização dos recursos hídricos passou a contrapor ao contexto da época, onde se tinha a perspectiva de que a água era um bem alienável e passou a ser um bem inalienável.

A partir da CF, novas discussões passaram a vigorar, dando surgimento a novas leis, como a Lei Federal nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, onde estabelece a água como recurso natural de domínio público com reconhecido valor econômico, e também passa a caracterizar prioridades de

consumo, correspondendo ao abastecimento e a dessedentação de animais como estes usos prioritários destes recursos.

A implementação da PNRH traz consigo aspectos fundamentais para a gestão de alocação das águas, citado em seu artigo 41º, que entre outros aspectos vale ressaltar:

- I. A descentralização da gestão dos recursos, nas quais inclui a participação das comunidades e usuários;
- II. Implementação dos Sistemas Nacionais de Informações e de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Como instrumentos a PNRH trouxe:

- I. Os Planos de Recursos Hídricos;
- II. O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III. Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV. A cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V. A compensação a municípios;
- VI. O Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos.

No que compete aos aspectos fundamentais, à implementação da Política trata da descentralização da gestão que de fato é um aspecto de suma importância devido à inclusão da participação da sociedade nos processos decisórios ao gerenciamento dos usos prioritários nas bacias hidrográficas na qual está inserido. Já a implementação do SNIRH e o SNGRH traz a descentralização da gestão da água na esfera do Poder Público, como no caso das criações dos Comitês de Bacia, das Agências de Água e do Conselho Nacional.

No que compete aos instrumentos, a Política faz referência ao enquadramento dos corpos de água, igual ao tratado pelo CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), o conselho consultivo e deliberativo, instituído pela Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Este enquadramento dos corpos de água trouxe uma visão qualitativa, sendo que as classes são enquadradas por graus de nobreza, correspondendo a cada classe um padrão de potabilidade relativo, com o objetivo final a visão de preservação e conservação da qualidade do corpo hídrico (Von Sperling, 1998).

Ainda tratando dos instrumentos, a PNRH trata de outorga e cobrança, que são instrumentos fundamentais quando se trata de gestão das águas. Segundo (Silveira et al., 1998) “a outorga é o principal instrumento para a administração da oferta de água, que se constitui na base do processo de gerenciamento de recursos hídricos”. A outorga não se caracteriza como a concessão do direito sobre a água, enquanto um recurso natural, e sim como o direito ao uso do recurso hídrico, como relatado no artigo 18º da Lei 9433/97.

A outorga, portanto, é uma forma acessível de controle sobre os recursos hídricos sendo imprescindível à gestão, como relatado no artigo 11º da Lei 9.433/97, “O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”, então, a outorga é a concessão consciente de uso da água, concedida por parte do gestor (Poder Público) para os usuários utilizarem a água para fins particulares, desde que não se compreenda necessidade maior de uso, conforme explicitado na Lei e também conforme será descrito em cada Plano de Recurso Hídrico por Bacia Hidrográfica, Estado e País.

Outro instrumento fundamental relatado na Política é a cobrança pelo uso da água. Segundo a Lei 9.433/97 em seu artigo 19º estabelece que a cobrança objetiva:

- I. Reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;
- II. Incentivar a racionalização do uso da água;
- III. Obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contempladas nos planos de recursos hídricos.

A cobrança pelo uso da água então tenta trazer ao usuário a sensibilidade ao consumo da água. Para a boa gestão da água é fundamental que cada usuário possua essa sensibilidade de enxergar a água como um insumo de real valor, sendo então necessário trazer um peso pelo seu consumo para que se evitem usos indevidos. Além disto, a cobrança pelo uso é uma forma de angariar recursos para que possa ser investido na própria Bacia Hidrográfica, na forma de estudos e custeio para obras e atividades administrativas.

A lei então mostra a relevância da gestão dos recursos hídricos com a introdução de novos conceitos, porém há a necessidade de regulamentá-los. A este assunto, cabe ressaltar, a redação da Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000, que regulamentou a criação dos Conselhos, da Agência Nacional de Águas e de aspectos relacionados à outorga e cobrança (Ramos, 2007). A importância destes conselhos está relacionada com a gestão descentralizada e participativa, aspecto este fundamental para que a gestão dos recursos hídricos ocorra de forma a contemplar os diversos interesses decorrentes da utilização da água.

A influência dos aspectos legais na gestão dos recursos hídricos é clara. Contata-se essa afirmação através do antigo “direito” da água que era mentalizado por parte dos

brasileiros, que seguia a ideia ribeirinha, na qual o dono da terra possuía o direito da água, comum em casos onde fazendas nas quais continham nascentes ou corpos de água (Di Mauro, 2014). Advindo a regulamentação pela lei, novos conceitos foram perpetuados e trouxeram novas responsabilidades e mais peso à gestão da água, dando ao Poder Público maior influência nas ações decisivas e facilitando controle quantitativo e qualitativo dos recursos e conseqüentemente afetando positivamente nas ações de planejamento para assegurar a oferta e qualidade hídrica para atendimento aos usuários.

4. AVALIAÇÃO SITUACIONAL DA ÁREA DE ESTUDO

Para fins de realização de trabalho, o local definido como estudo foi o Distrito Federal com as regiões Metropolitanas próximas denominadas como Entorno. A caracterização base referente a este capítulo possui suporte fundamental no Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal – PGIRH, fornecido pela ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal, no qual compreende o território do DF acrescido dos municípios Águas Lindas de Goiás, Cidade Ocidental, Cristalina, Formosa, Luziânia, Novo Gama, Padre Bernardo, Planaltina, Santo Antônio do Descoberto e Valparaíso de Goiás.

De forma análoga, os municípios inseridos na RIDE – DF que não estão inseridos no âmbito de estudo da PGIRH foram caracterizados neste capítulo com suporte fundamental no diagnóstico do saneamento básico da RIDE – DF.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS DO DISTRITO FEDERAL E ENTORNO

O Distrito Federal juntamente com o Entorno compreende a uma área total de aproximadamente 9 mil km², no que corresponde somente à hidrografia, onde estão inseridas suas três bacias hidrográficas:

- I. Bacia Hidrográfica Tocantins/Araguaia;
- II. Bacia Hidrográfica do Paraná;
- III. Bacia Hidrográfica do São Francisco

Como já definido na Lei 9.433/97, a Bacia Hidrográfica corresponde à unidade territorial para ação dos Planos de Recursos Hídricos, e inseridos em cada bacia hidrográfica existem os rios principais e seus tributários. Dentro da região de análise existem então sete sub-bacias nas quais estão os principais corpos hídricos que possuem influência direta no DF: Corumbá, Descoberto, Paranoá, São Bartolomeu, São Marcos, Preto e Maranhão, como mostrado na figura 4.1.

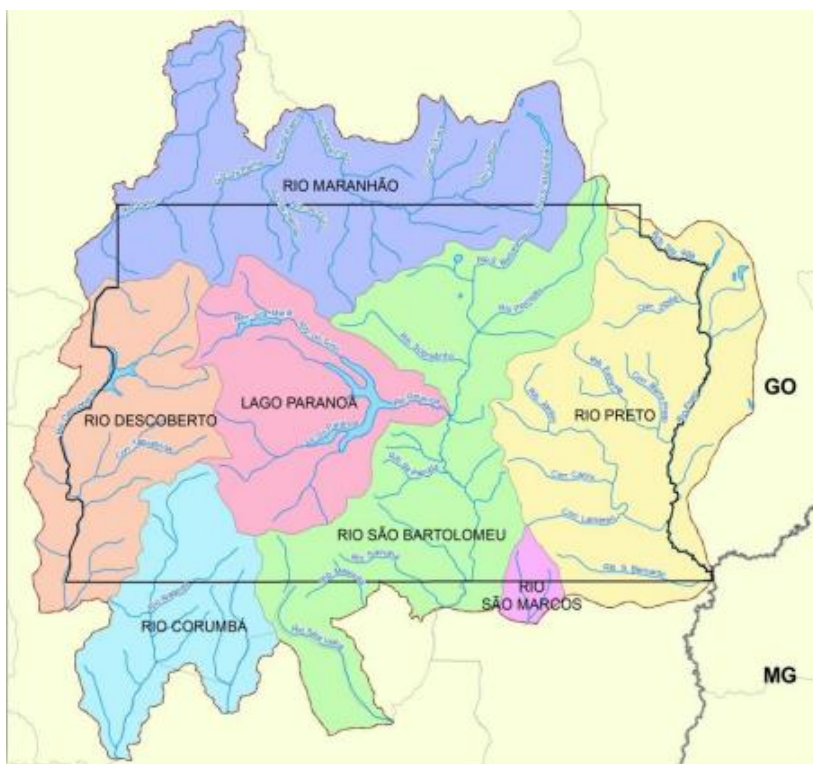


Figura 4. 1 - Caracterização do Distrito Federal por Bacia Hidrográfica (Fonte: PGIRH, 2012)

4.1.1 Bacia Hidrográfica Paraná

A bacia hidrográfica do Paraná está representada no DF pela Sub-bacia dos Rios Descoberto, Corumbá, Paranoá, São Bartolomeu e São Marcos. Esta região é de bastante importância devido à grande proporção territorial e densidade populacional. As principais características de cada Bacia Hidrográfica estão definidas abaixo.

4.1.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Corumbá

Com abrangência de aproximadamente 280 km² no Distrito Federal, a bacia hidrográfica do Corumbá abrange as seguintes unidades hidrográficas: Ribeirão Ponte Alta (formados pelos córregos Vargem da Benção e Monjolo), Rio Alagado, Rio Santa Maria. Em termos de uso cobertura do solo, esta bacia apresenta consideráveis alterações, devido às ações antrópicas com fins agrícolas, correspondendo a aproximadamente 28% da área total, seguido de áreas condominiais e urbanizadas, com aproximadamente 14% e 13% respectivamente. Na tabela 4.1 estão dispostas as localidades distribuídas nesta bacia.

Tabela 4. 1 - RAs e Municípios inseridos na Bacia do Corumbá (Fonte: PGIRH, 2012)

Regiões Administrativas distribuídas nesta Bacia.	<ul style="list-style-type: none"> • Gama (RA-II), Samambaia (RA-XII), Santa Maria (RA-XIII), Recanto das Emas (XV) e Riacho Fundo (XVIII).
Municípios do Entorno distribuídos nesta Bacia	<ul style="list-style-type: none"> • Luziânia, Novo Gama, São Antônio do Descoberto e Valparaíso de Goiás.

4.1.1.2 Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto

Com abrangência de aproximadamente 810 km² no Distrito Federal, a bacia hidrográfica do Descoberto abrange sete unidades hidrográficas, com maior representação para o Rio Descoberto e ribeirões Currais, Pedras e Rodeador, Melchior, Engenho das Lajes e Samambaia, com a contribuição de outros tributários, possuindo, dentre o seu sistema hídrico, onze sub-bacias de drenagem para o Reservatório Descoberto. Em termos de uso cobertura do solo, esta bacia apresenta maior proporção de campos, seguidos de atividades agrícolas e Matas, abrangendo cerca de 304 km² de área de proteção ambiental, denominada Apa da Bacia do Rio Descoberto. Em menores proporções, encontram-se as áreas urbanizadas ou residenciais. (Ferrigo, 2014). Na tabela 4.2 estão dispostas as localidades distribuídas nesta bacia.

Tabela 4. 2 - RAs e Municípios inseridos na Bacia do Descoberto (Fonte: PGIRH, 2012)

Regiões Administrativas distribuídas nesta Bacia.	<ul style="list-style-type: none"> • Brasília (RA-I), Brazlândia (RA-IV), Ceilândia (RA-IX), Gama (RA-II), Recanto das Emas (XV), Samambaia (RA-XII) e Taguatinga (RA-III).
Municípios do Entorno distribuídos nesta Bacia	<ul style="list-style-type: none"> • Padre Bernardo, Santo Antônio do Descoberto, Águas Lindas de Goiás.

4.2 DISCRETIZAÇÃO DA REDE DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DF

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB é concessionária responsável atualmente pelo abastecimento público do DF e parte do entorno. O sistema de abastecimento atual conta com 5 pontos produtores, correspondendo a Brazlândia, Descoberto, Torto-Santa Maria, Sobradinho-Planaltina e São Sebastião, na

qual abastece aproximadamente 2,9 milhões de pessoas em todo o Distrito Federal, através dos mais de 8 mil quilômetros de rede de distribuição. Para isto, foi produzido em torno de 251 milhões de metros cúbicos de água¹, a uma vazão média de aproximadamente 8 m³/s chegando ao pico de instantâneo de 9,4 m³/s, dos 11,5 m³/s outorgados, a partir de captações em mananciais superficiais e subterrâneos. Além do Distrito Federal, a concessionária também fornece o abastecimento da cidade do Novo Gama, com vazão média de 37 l/s (CAESB, 2014).

Os sistemas produtores são os alimentadores das redes, onde primeiramente suprem as Estações de Tratamento que posteriormente irão ser distribuídos nas redes de distribuição de água. As caracterizações de cada sistema, bem como o público alvo de atendimento, estão descritas nos tópicos a seguir.

4.2.1 Sistema Descoberto

O sistema Descoberto possui onze captações, nas quais seis estão em operação, com capacidade de produção de 5,4 m³/s de água a uma vazão média de água tratada de 4,8 m³/s, com vazão outorgada de 6,5 m³/s. Este sistema é responsável por atender cerca de 60% da população do Distrito Federal. O Rio Descoberto é o manancial de maior contribuição deste sistema, sendo responsável por mais de 98% da produção deste sistema. (CAESB, 2014).

Em termos de volume de água, o reservatório do Rio Descoberto é capaz de reservar até 86 milhões m³ de água, porém, já foram observados valores superiores a 100 milhões de m³ mas o intenso processo de povoamento e assoreamento ocasionou a redução da capacidade do reservatório. (CAESB, 2014).

Em resumo, apresentam-se na tabela 4.3 os mananciais de captação e as regiões administrativas atendidas.

¹ Dados referentes à 2014.

Tabela 4. 3 - Representação do Sistema Descoberto de Abastecimento (Fonte: CAESB, 2014, modificado)

Sistema	Captações	Atendimento – RA e Entorno
Descoberto	Rio Descoberto/Currais e Pedras	Águas Claras; Candangolândia; Ceilândia; Gama; Guará I; Guará II; Núcleo Bandeirante; Novo Gama/GO; Park Way; Recanto das Emas; Riacho Fundo I; Riacho Fundo II; Samambaia; Santa Maria; Taguatinga e Vicente Pires. Reforça o sistema Santa Maria-Torto.
	Alagado, Ponte de Terra 2 e 3, Olho d'Água, Crispim 1 e 2	Reforça o abastecimento do Gama.
	Catetinho Baixo 1 e 2	Reforça o abastecimento do Park Way e Núcleo Bandeirante.
	Engenho das Lajes e Poços	Engenho das Lages e Água Quente
	Combinado Agro Urbano de Brasília – CAUB I e Palmeiras	Caub-Gama e Condomínio Residencial Palmeiras

4.3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DO ENTORNO INSERIDOS NA RIDE

A Região Integrada de Desenvolvimento Econômico (RIDE) do DF e Entorno comporta os municípios de Abadiânia, Alexânia, Água Fria de Goiás, Corumbá de Goiás, Cristalina, Formosa, Luziânia, Mimoso de Goiás, Novo Gama, Padre Bernardo, Pirenópolis, Planaltina, Santo Antônio do Descoberto, Valparaíso de Goiás, Vila boa, no Estado de Goiás, e os municípios de Cabeceira Grande, Unaí e Buritis, no Estado de Minas Gerais, conforme ilustrado na imagem 4.2.

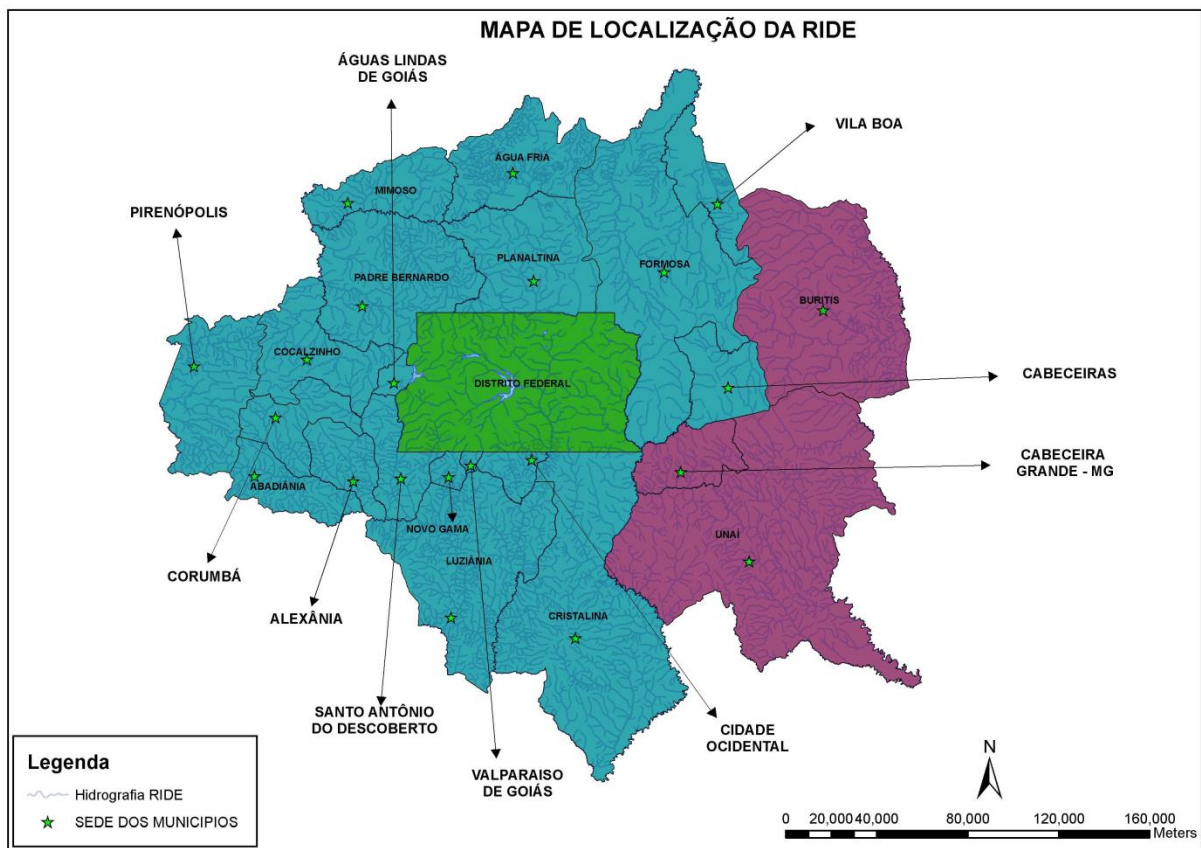


Figura 4. 2 - Mapa de Localização da RIDE (Fonte: RIDE-SAB, 2015)

Dentre a área de abrangência deste estudo, estão contidos apenas os municípios a Oeste, Sudoeste e Sul do Distrito federal, especificamente os municípios do Estado de Goiás de Águas Lindas de Goiás, Cidade Ocidental, Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás, Luziânia, Novo Gama, Santo Antônio do Descoberto e Valparaíso de Goiás. De forma equivalente, embora o estudo da RIDE seja de grande abrangência, este estudo ficou limitado ao componente Abastecimento humano de água dos municípios citados.

A RIDE DF/Entorno é a realização dos esforços em promover a ascensão ente ao Estado em prol do desenvolvimento das regiões que se mostram mais enfraquecidas devido as suas características regionais. Embora a RIDE aparentar possuir um cunho econômico, entre os seus princípios estão descritos os aspectos gerenciais e socioambientais, como desenvolvimento do saneamento básico através do fomento ao aproveitamento dos recursos hídricos e proteção ao meio ambiente (RIDE-SAB, 2015).

Na tabela 4.4 estão descritos resumidamente as informações referentes aos municípios pertencentes a RIDE que serão objetos de estudo neste trabalho.

Tabela 4. 4 - Descrição do sistema de abastecimento dos municípios da RIDE – DF (RIDE-SAB, 2015)

Município	Prestador do Serviço	Forma de Captação	Situação do Sistema	Demanda atual do sistema (l/s)	% de atendimento
Águas Lindas de Goiás	Saneago-GO	PTP's	Requer ampliação-	460-	90,5
Cidade Ocidental	Saneago-GO	Manancial superficial ou misto	Requer novo Manancial	154	78,1
Cocalzinho de Goiás	Saneago-GO	Manancial superficial ou misto	Requer novo Manancial	20	37
Luziânia	Saneago-GO	Manancial superficial ou misto	Requer ampliação	557	65,2
Novo Gama	Saneago-GO	Manancial superficial ou misto	Requer novo Manancial	325	87,3
Santo Antônio do Descoberto	Saneago-GO	Manancial subterrâneo	Requer ampliação	198	72
Valparaíso de Goiás	Saneago-GO	Manancial superficial ou misto	Requer novo Manancial	333	86,1

5. SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO

A dificuldade na escolha de alternativas se caracteriza como fator complicador para a gestão, tendo em vista que cada decisão tomada possui uma consequência direta na vida de usuários e no meio ambiente. Nesse sentido, é imprescindível que as avaliações sejam extremamente criteriosas com o intuito de visualizar com maior clareza a situação em questão, de forma a minimizar os impactos gerados por cada decisão tomada.

Com vista a facilitar o processo de tomada de decisão e a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos nos processos de gestão surgem os Sistemas de Suporte a Decisão – SSD. Os SSD são caracterizados como uma oportunidade de facilitar a tomada de decisão através de ferramentas computacionais que viabilizam a interação entre homem/máquina (Braga et al, 1998; Porto e Azevedo, 1997).

Segundo (Braga, et al, 1998) “um sistema de apoio à decisão é constituído de três componentes: diálogo, dados e modelo”. O diálogo corresponde à própria plataforma computacional de interface homem/máquina, os dados correspondem às informações coletadas a respeito do que se pretende estudar, que no caso de RH seriam como informações pluviométricas, fluviométricas, qualidade de água, entre outros, e o modelo corresponde aos métodos matemáticos que trabalhar com os dados para a criação dos cenários.

A aplicabilidade dos SSD no tocante a atingir os objetivos dos usuários se deve não só pela compreensão dos modelos matemáticos que envolvem o fenômeno, mas também pela capacidade de incorporar a percepção dos diversos usuários, tornando assim um sistema de informação mais complexo, porém mais próximo as situações reais facilitando a tomada de decisão em situações de planejamento ou gerenciamento (Alves, 2007).

O emprego destes sistemas no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos se tornam viáveis pela capacidade de modelar, de forma mais simplificada, as complexas situações que envolvem os sistemas físicos de recursos hídricos. Segundo Porto e Azevedo (1997),

A tomada de decisões a respeito de sistemas de recursos hídricos deve considerar obrigatoriamente aspectos hidrológicos, ambientais, econômicos, políticos e sociais, mutáveis no tempo e associados a incertezas de difícil quantificação.

Deste modo, os gerenciadores buscam por modelos que são capazes compreender o sistema físico com praticidade e confiabilidade. Os modelos são elementos essenciais, pois eles irão proporcionar o a funcionalidade do SSD. Oren (1984, apud, Porto, 1997) destaca que para a escolha de um modelo, devem ser considerados os seguintes critérios:

1. Precisão – O modelo deve ser capaz de representar o sistema físico com a maior exatidão possível para que proporcione a tomada de decisão. Os critérios de avaliação da precisão do modelo são a i) subjetivos, consiste em análise entre os dados simulados e observados; ii) objetivos, consiste em adoção de critérios de maximização ou minimização para aferir o desvio entre os dados simulados e observados e iii) A aplicação dos dois métodos.
2. Simplicidade – O modelo tem que ser o mais amigável possível com menor número de parâmetros e variáveis, pois quanto maior o número de parâmetros mais complexa é o modelo e maior a dificuldade em compreensão e aceitação.
3. Robustez – O modelo deve ser capaz de representar o sistema físico com menor número de parâmetros. O modelo é denominado robusto quando ele não é influenciado pela inserção de novos parâmetros.
4. Transparência – O modelo deve propiciar o contato pelo usuário através da oportunidade de manipular os dados e parâmetros de forma a testar o modelo. É aconselhável que o modelo seja transparente, pois o usuário passa a ter mais confiança no modelo, através da compreensão do funcionamento e aplicabilidade do modelo para a sua situação.
5. Adequação – O modelo deve ser claro ao usuário quanto aos seus parâmetros, variáveis e interações de modo a não causar incerteza quanto a sua formação e aplicação.

Portanto, buscou-se neste trabalho avaliar a aplicação de um SSD como suporte no planejamento estratégico e controle operacional do sistema de abastecimento do reservatório Descoberto, de modo a avaliar a capacidade de responder ao tomador de decisão quais são as perspectivas do sistema em abastecer confortavelmente as demandas de abastecimento do DF e sua aplicabilidade na geração de cenários com o aporte de novas regiões de abastecimento, como os municípios do entorno do DF inseridos na RIDE DF e

Entorno. Para isto, foi utilizado o SIGA como auxiliador a tomada de decisão deste problema.

5.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA O GERENCIAMENTO DA ALOCAÇÃO DE ÁGUA – SIGA

O Sistema de Informação aplicado para o Gerenciamento da Alocação da Água – SIGA[®], foi desenvolvido pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, com o intuito de facilitar a tomada de decisão para alocação de água, com a facilitar as ações de planejamento. A sistemática do software descrita a seguir está embasada no Manual do SIGA (FUNCEME, 2013).

O SIGA é subdividido em cinco módulos, o Módulo Desenho de Rede, Hidrologia, Calibração, Operação de Sistemas e Resultados, nos quais, para fins deste trabalho, somente alguns destes módulos foram utilizados, e que serão descritos ao decorrer desta seção.

Todas as opções de definição de projeto, os módulos do *software* e a formação de banco de dados podem ser acessados a partir da aba superior, como mostrado na figura 5.1.

5.1.1 Propriedades Gerais de Projeto

Inicialmente, faz-se necessário definir os critérios de projeto que irão influenciar principalmente na criação de bancos de informações, geração e visualização de resultados, como o passo de tempo na qual o programa irá trabalhar e possíveis transformações de escala, quando for optado por não se utilizar a tabulação padrão previamente definida. As abas descritas nas caixas e seus respectivos conteúdos são

- Descrição – Breve descrição técnica do Trabalho a ser desenvolvido (opcional)
- Estatística – Informações prévias fornecidas pelo programa
- Transformação de Escala - Definição dos Sistemas de Coordenadas, escala de Temperatura, vazão, velocidade, comprimento, entre outras unidades.



Figura 5. 1 - Representação da aba superior do SIGA

5.1.2 Módulo Desenho Rede de Fluxo

O módulo Desenho Rede de Fluxo corresponde à interface de primeiro contato programa/usuário, onde o usuário desenha uma representação de rede hídrica compatível com a rede real na qual ele deseja analisar através da representação de nós e trecho. O conceito de nós e trechos podem ser observados segundo Alves (2006) como:

- Nós – Pontos de armazenamento ou não de água, podendo representar pontos de início ou junção de trechos, bem como pontos de demanda ou de armazenamento e acumulação de água, como lagos, reservatórios, bacias, entre outros.
- Trechos – Linhas de fluxo na rede hídrica responsável por ligar os nós e que possuem capacidade de acumulação de água.

A formulação do desenho é apenas de caráter visual, não possuindo a obrigatoriedade de que os pontos representados estejam de fato georreferenciados, pois a distância entre os nós não influenciará nos resultados, ou seja, caso o trecho possua uma distância maior ou menor que a escala real, este aspecto não irá interferir no balanço hídrico do sistema. No entanto, caso o usuário ache mais didático a compreensão da rede na forma real, o *software* possibilita a inserção de imagens, como do tipo *.jpg*, na qual o usuário importa uma imagem que sinalize o ambiente estudo, com um mapa por exemplo.

Através da interface de desenho de rede o usuário pode, também, inserir *shapefiles* e *rasters*, que, além de facilitar a representação devido ao real posicionamento de reservatórios, lagos, pontos de demanda, bacias, contribuições, propagações, entre outros, que também são representados de formas distintas no programa, como mostrado na figura 4.2, podem ser utilizados para o cálculo da Precipitação Média na Bacia.

Todas as aplicações citadas nesta interface possuem por finalidade tornar mais amigável a utilização e compreensão do sistema e que serão de suma importância para atividades posteriores, tais como carregar o banco de dados com informações de vazão, evaporação, declividade, área de drenagem.

II. FUNCEME – Pluviometria – Inserção de dados pluviométricos observados pela Funceme, dispostos em linha e separados por “;”. Além dos dados pluviométricos, há também a inserção de informações Geográficas do local onde foi observado. Dessa forma, em cada linha de arquivo possuirá as seguintes informações: Município, Posto, Latitude, Longitude, Ano, Mês, Valor Total e valores observados diários (em 30 dias), como exemplificado no Manual do SIGA.

III. ANA – Pluviometria – Inserção de dados Pluviométricos, dispostos em linha e separados por “;”. Além dos dados observados, há também a inserção de informações Geográficas do local onde foi observado, como exemplificado no Manual do SIGA.

IV. ANA – Fluviometria – Inserção de dados Fluviométricos, dispostos em linha e separados por “;”. Além dos dados observados, há também a inserção de informações Geográficas do local onde foi observado, como exemplificado no Manual do SIGA:

Ainda em relação às ferramentas dispostas no SIGA, há a possibilidade de cálculo da precipitação Média da bacia, onde é definida a precipitação média da bacia hidrográfica a partir da associação dos dados Pluviométricos e as informações geográficas atribuídas aos shapefiles. A metodologia aplicada é o Método de Thiessen, descrito na seção 4.1.3.

5.1.3 Método de Thiessen – Cálculo de Precipitação Média

O método de Polígonos de Thiessen corresponde a uma forma de cálculo da precipitação média sobre uma determinada bacia hidrográfica a partir de postos de coleta pluviométricos. De acordo com Villela (1975) “Este Método [...] consiste em atribuir um fator de peso aos totais precipitados em cada aparelho, proporcionais às áreas de influência de cada um”. Conforme Sousa Pinto (et al., 1976) a formulação é dada a partir de passos, sendo:

1. Unir os Postos Adjacentes por Linhas Retas;
2. Traçar Perpendiculares as linhas a partir das médias das distâncias entre os postos e então obter os polígonos limitados pela área da bacia;

3. A área de cada polígono A_i é o peso que será dado à precipitação observado em cada aparelho P_i .

A média h_m é definida por $h_m = \frac{\sum_i^n P_i A_i}{\sum_i^n A_i}$ (Equação 5. 1)

Portanto, o método de Polígonos de Thiessen assumirá que em qualquer ponto dentro da área de influência do posto possuirá a mesma precipitação que a observada no posto Pluviométrico (Camurça, 2011). O Método de Thiessen é um método tradicional na literatura, porém, como qualquer outro método possui suas limitações, que são principalmente relacionados a variabilidade da precipitação em uma bacia, pois ele admite uma variação linear que não necessariamente irá ocorrer, como ocorrem nos casos de chuvas pontuais ou orográficas Sousa Pinto (et al., 1976).

Para realização do Thiessen no SIGA, é necessária a realização de duas etapas, sendo:

1. Inserir as camadas de Arquivo *shapefiles*, sendo na forma de polígonos e pontos, representando respectivamente a área de estudo que irá ser submetida ao Thiessen e os postos com dados observados, representado na figura 4.3;

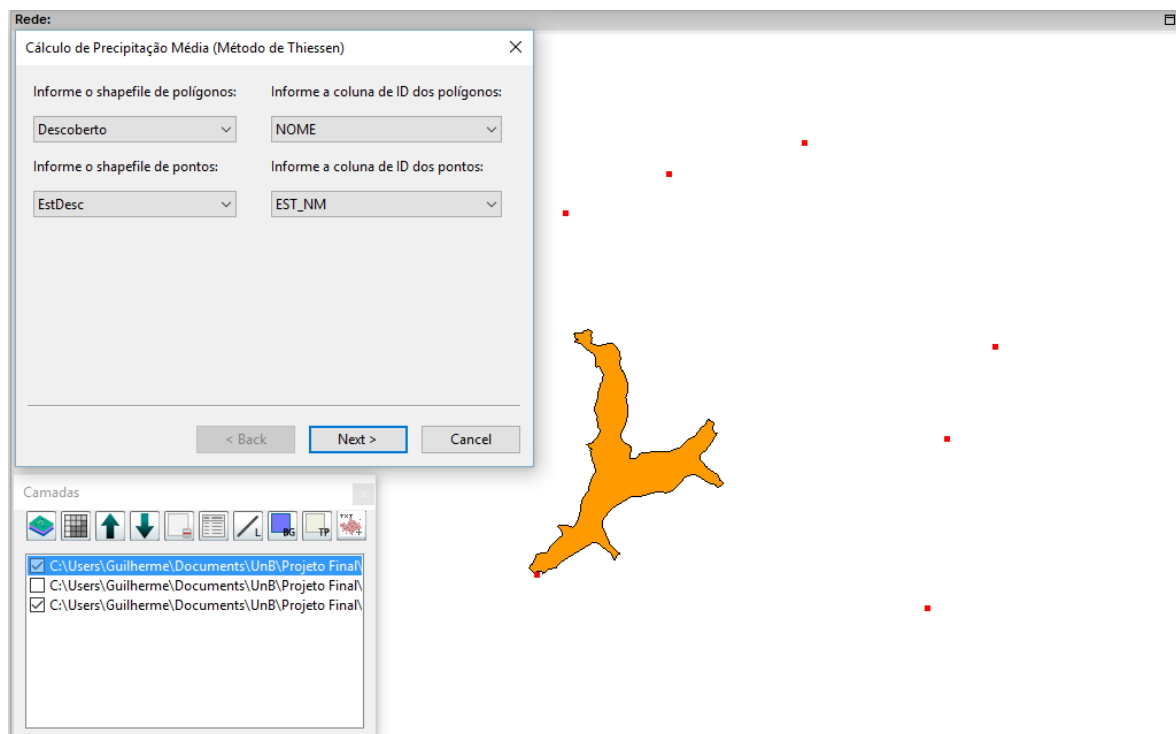


Figura 5. 3 - Inserção dos arquivos para o cálculo do Thiessen

2. Converter as séries observadas em formato de Série (.srs) para formato Matriz de Thiessen; Neste quesito, é possível realizar a compilação dos arquivos em um único arquivo de entrada, representado na figura 4.4;

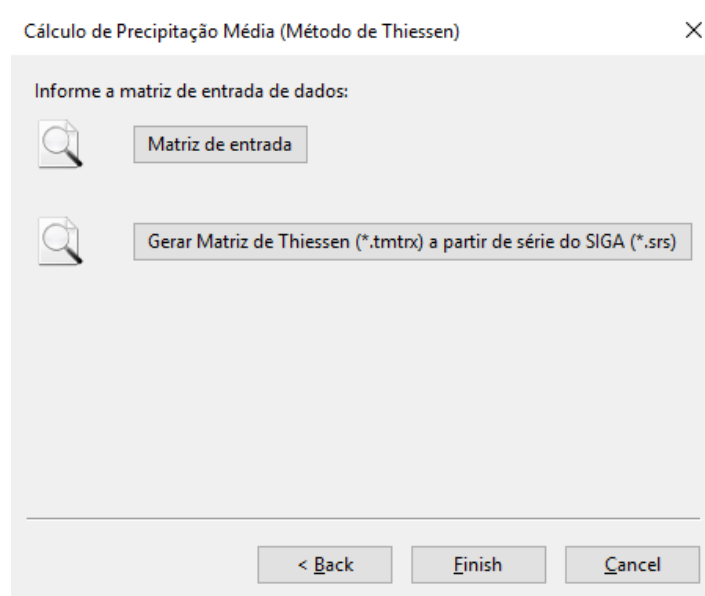


Figura 5. 4 - Inserção dos dados hidrológicos para o cálculo do Thiessen

Em caso de postos que estejam fora do polígono para cálculo, o sistema aceita a expansão da bacia em até 0.09.

5.1.4 Módulo Operação de sistemas

O Módulo Operação de sistemas corresponde à etapa de balanço de massa da rede que foi especificada, com base nos parâmetros físicos e a base de dados correspondente. No que tange a simulação do modelo, o SSD agrega inicialmente os dados hidrológicos, denominados como dados de entrada, e posteriormente os dados operacionais, denominados como regras de operação, sendo aplicados tanto para os reservatórios quanto para as bacias. A figura 4.5 ilustra as janelas correspondentes a cada um dos sistemas citados anteriormente.

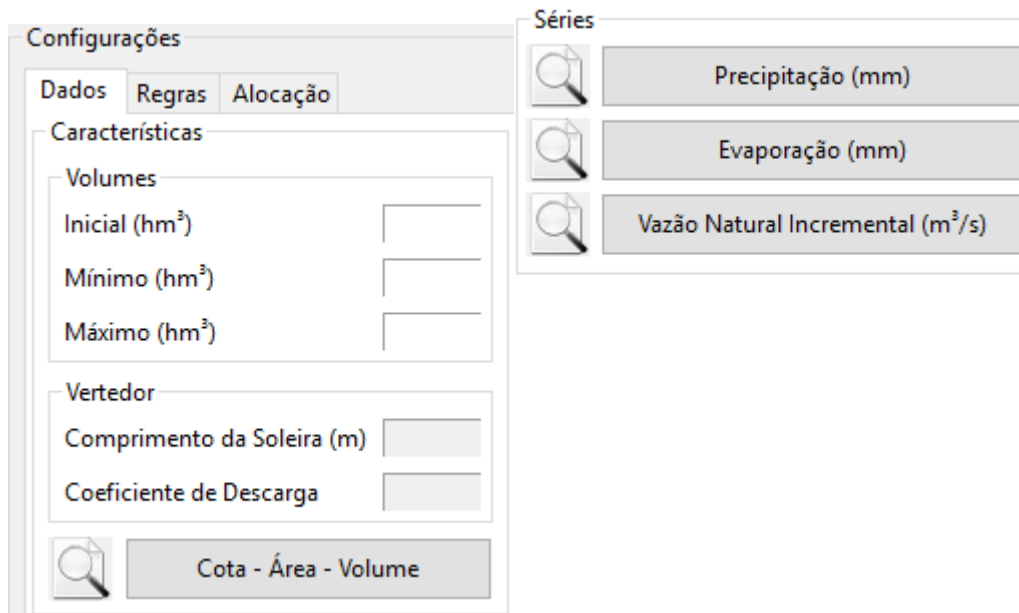


Figura 5. 5 - Caixas de Informações de dados hidrológicos no SIGA

Completado o carregamento dos dados no modelo, em segunda etapa ocorre a inserção das Regras de operação e a forma de alocação.

Para realização do balanço de massa é possível fazer de duas formas, podendo ser por simulação por regra ou propriedade, sendo que por regra existe a possibilidade de otimização.

Na categoria de simulação por regra de operação, o SSD comporta quatro esferas, sendo:

1. Periódica – o reservatório aloca periodicamente, a nível mensal, as vazões que serão distribuídas para os trechos a ele vinculados;
2. Dependente do armazenamento – o reservatório alocará suas vazões em função do volume disponível ou em função do volume disponível de algum reservatório que se encontre a jusante;
3. Constante – o reservatório aloca uma vazão constante durante todo o período;
4. Garantia de Demanda – o reservatório alocará a vazão em função do percentual de atendimento requerido.

Na figura 5.6 exemplifica os passos cenários para a execução do modelo no módulo operação de sistemas, sinalizando em azul a etapa inicial abrangendo o desenho da rede de fluxo e os dados de entrada, em azul a etapa de definição das regras de operações dos reservatórios e em vermelho os resultados gerados pelo modelo. Em tracejado denota que o caminho para geração de cenários corresponde à manipulação das regras e das demandas para criar novos resultados.

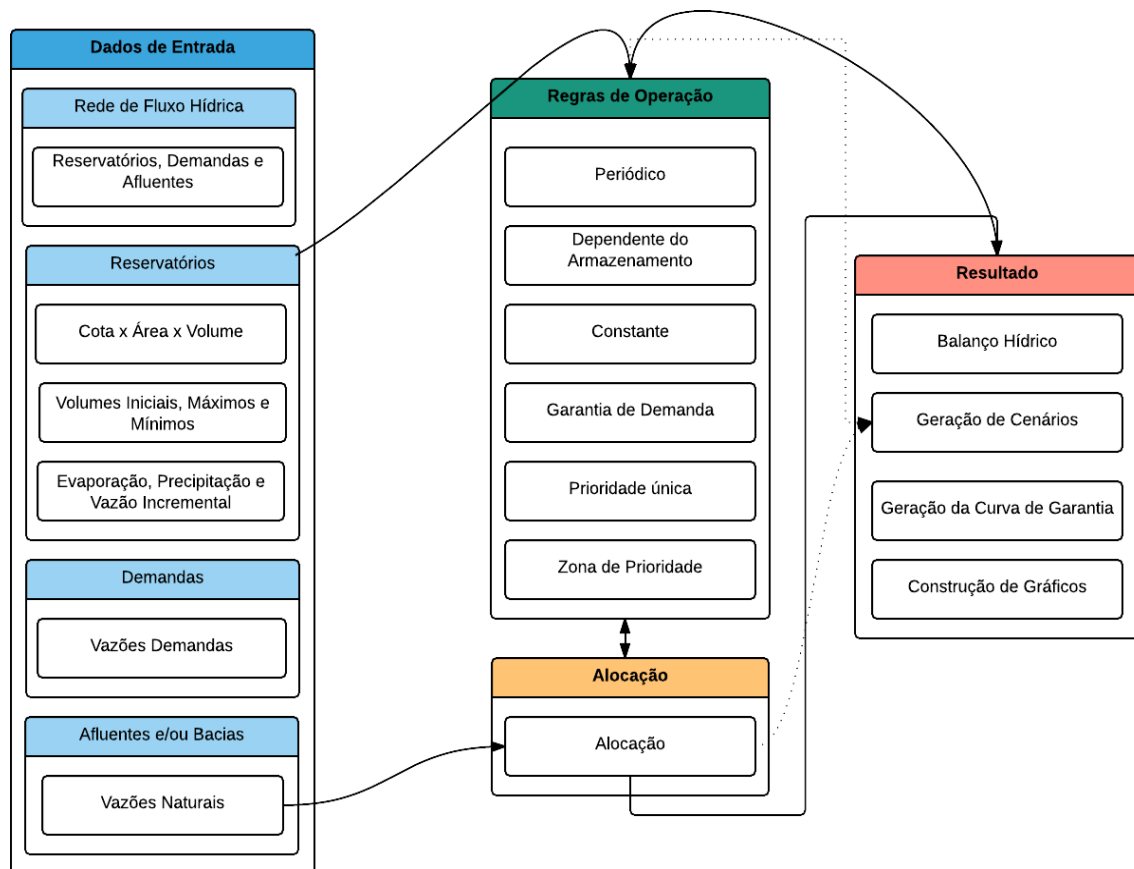


Figura 5. 6 - Representação do módulo Operação de Sistemas

Para realização da otimização, o usuário tem que definir a execução por “Otimizado (Regra)” e definir as funções objetivos e quais são as suas preferências, seja maximização ou minimização. As funções objetivos disponíveis no SIGA são por i) perdas por evaporação, ii) custos de bombeamento, iii) números de falhas, iv) garantia de demanda e v) volumes não atendidos, como ilustrado na figura 5.7. A partir do modelo de calibração MOPSO (*Multiobjective Particle Swarm Optimization*), quando o usuário executar o

modelo ele irá ocorrer a otimização disponível de otimização e apresentar os resultados que serão automaticamente incorporados ao modelo.

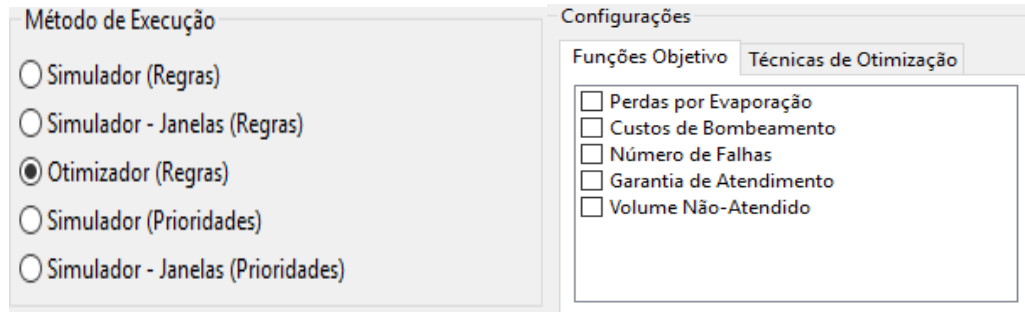


Figura 5. 7 - Representação da execução por otimização no SIGA

Em todos os casos, se o reservatório não tiver capacidade de alocar a vazão requerida, o decréscimo de alocação se dará de forma linear. Além disto, o usuário pode particionar a alocação em função da vazão meta.

Na categoria de simulação por prioridade, o SSD permite que o usuário defina as prioridades de cada demanda e a forma como o reservatório irá alocar para cada demanda. As formas de alocação por prioridades disponíveis são por i) prioridade única e por ii) zonas de prioridades. Cabe ressaltar que, neste caso, o reservatório só irá atender a prioridade inferior caso a prioridade de demanda superior seja atendida.

A partir do balanço hídrico (descrito na equação 5.2), a distribuição do volume armazenado no reservatório servirá de suporte para obtenção das vazões regularizadas (de cada reservatório) e obtenção de cenários para avaliar o comportamento do sistema e otimização de objetivos, quando julgar necessário.

$$V_{t+1}(i) = V_t(i) + Qa_t(i) - Qd(i) - Qv(i) - Ev_t(i) \frac{A_t + A_{t+1}}{2} + \sum_{j=N_i} Qv_t(j) \quad (\text{Equação 5.2})$$

Onde,

- ✓ A = Área Superficial alagada do reservatório
- ✓ V = Volume Armazenado no Reservatório
- ✓ t = Índice temporal mensal
- ✓ i = Índice representativo dos reservatórios no Sistema
- ✓ N_i = Conjunto de Reservatórios a montante do reservatório i

- ✓ E_v = Lâmina d'água evaporada a partir da superfície
- ✓ Q_a = Volume Afluente ao Reservatório
- ✓ Q_d = Volume Regularizado
- ✓ Q_v = Volume Vertido pelo Reservatório

Sujeito as seguintes restrições:

$$Q_a, Q_d, Q_v \geq 0$$

$$V_{\min}(i) \leq V_{t+1} \leq V_{\max}(i)$$

Para ser executado, basta selecionar com o cursor o botão executar. Em caso de ocorrência de alguma discordância, o programa habilita uma caixa de aviso que mostra qual o nó em que está com erro, seja por falta de informação, seja por não preenchimento da informação, como representado no exemplo da figura 4.6.

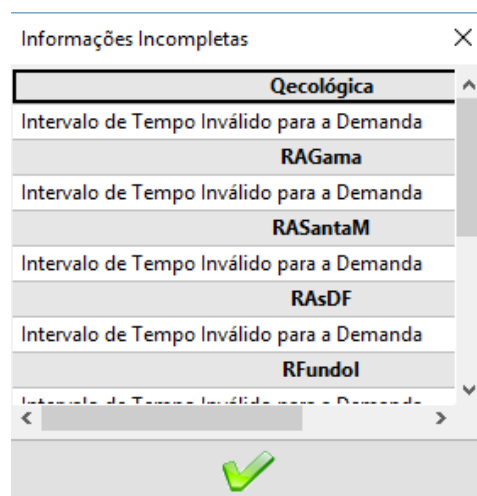


Figura 5. 8 - Caixa de informação com erros de execução do modelo

5.1.5 Módulo de Visualização de Resultados

O módulo de resultados corresponde ao ambiente onde o usuário poderá visualizar da forma gráfica ou tabulada o resultado da simulação que foi executada. Para isto, o SIGA possibilita a visualização de duas formas:

1. Individualizada – O usuário pode acessar estritamente nó por nó, sendo isto necessário selecionar o nó desejado e habilitar o botão resultados, que fica junto ao seletor de execução do programa, como mostrado na figura 4.7. Além dos resultados obtidos, o usuário pode também visualizar a Curva de Garantia do reservatório, ou seja, visualizar a curva de vazões regularizadas.
- 2.



Figura 5. 9 - Caixa de execução do módulo Operação de Sistemas

3. Geral – O usuário acessa através do módulo de resultados de todos os nós e trechos em conjunto. Dessa forma, é possível cruzar resultados distintos de atendimento, escassez, liberações, volumes evaporados e precipitados e o número de falhas de atendimento.

6. METODOLOGIA

A metodologia aplicada tem como finalidade atender aos objetivos do trabalho, de forma a avaliar o comportamento do reservatório Descoberto frente à distribuição da água na porção oeste do DF e considerando os possíveis cenários de atendimento ao abastecimento humano, a partir da visualização integrada da gestão dos recursos hídricos na região da RIDE DF e Entorno. Deste modo, o presente trabalho foi desenvolvido em cinco etapas, dividido em: i) levantamento de dados e caracterização da área de estudo, ii) modelagem do sistema hídrico em análise com o uso do SIGA, iii) avaliação de alternativas e geração de cenários e iv) análise de resultados e redação do projeto, como ilustrado na figura 6.1.

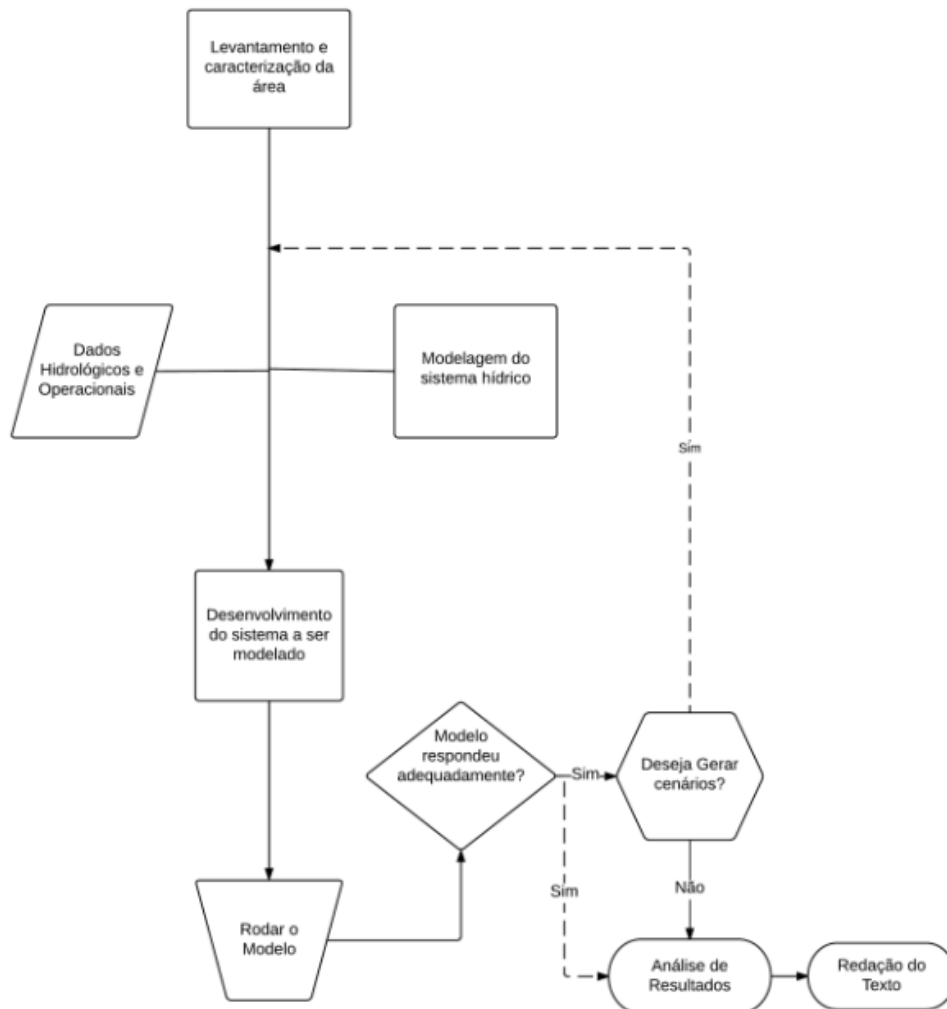


Figura 6. 1 - Etapas de Desenvolvimento do Projeto

2. Evaporação – Dados observados de 2000 a 2013 a partir de utilização de tanque classe A no reservatório Descoberto, contidos no trabalho de Ferrigo (2014);
3. Precipitação - Dados observados de 2000 a 2013 por método de Thiessen, contidos no trabalho de Ferrigo (2014);
4. Cota x Área x Volume do Descoberto– Magna (2003, apud, Brigagão, 2006).

6.1.1.1 Demandas para o DF e para alguns Municípios da RIDE – DF e Entorno

Para o Distrito Federal, as demandas tanto para o ano limiar quanto para os cenários foram consideradas as demandas estimadas de captação urbana para o sistema Descoberto segundo o Plano de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos – PGIRH, descrito na tabela 6.1.

Tabela 6. 1 - Projeção de demanda para o Rio Descoberto (Fonte: PGIRH, 2012)

Cenário	Projeção de demanda (m³/s)	Ano
	4,61	2015
Tendencial	4,85	2020
	5,28	2030
	5,52	2040
	2,49	2015
Tendencial com Gestão	2,72	2020
	2,75	2030
	2,71	2040
	4,68	2015
Maior desenvolvimento econômico	4,98	2020
	5,54	2030
	5,87	2040
	4,44	2015
Maior desenvolvimento econômico com Gestão	4,74	2020
	5,02	2030
	5,04	2040

No entanto, a demanda estimada corresponde à demanda média anual, e não compreende a variabilidade temporal ocorrida. Neste caso, a variabilidade temporal foi adotada a partir do incremento médio mensal em relação à média anual entre os anos 2000 a 2012, como exemplificado na equação 6.1.

$$\bar{Q}_{i(n)} (\%) = \frac{\sum \left(\frac{Q_i - Q_{med(n)}}{Q_{med(n)}} \right)}{m} \quad (\text{Equação 6.1.})$$

Onde,

i – mês

n – ano

m – número total de anos

No tocante aos municípios da RIDE – DF, a demanda média foi mensurada a partir da demanda per capita média associada à projeção populacional. A demanda per capita foi determinada com base nas informações disponibilizadas pelo prestador no SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. Deste modo, foi considerado a per capita média entre os anos de 2010 a 2013 e, então, admitido como constante para todos os anos de projeção.

Cabe ressaltar que, como até de 2015 as demandas dos cenários com municípios da RIDE – DF ainda não estejam contidas, embora o sistema Descoberto esteja abastecendo o Novo Gama, os municípios serão incorporados somente no estudo de cenários, ou seja, não estão sendo contabilizados no ano de referência. Portanto, foram consideradas somente as estimativas populacionais a partir de 2015, obtidas através estudo técnico do Projeto RIDE DF e ENTORNO, com projeção para até 2035. A visualização das projeções populacionais e demandas médias per capitas estão disponibilizadas na tabela 6.2.

Tabela 6. 2 - Projeção populacional para os municípios da RIDE – DF e Entorno (RIDE-SAB, 2015)

Localidade	Projeção populacional (hab)	Ano	Demanda per capita média (l/s)
Águas Lindas	187.072	2015	102,4
	205.638	2020	
	237.355	2030	
	251.666	2035	
Cocalzinho de Goiás	19.115	2015	140,4
	20.260	2020	
	22.216	2030	
	23.099	2035	
Santo Antônio do Descoberto	69.998	2015	115,7
	74.506	2020	
	82.266	2030	
	85.708	2035	

6.1.1.2 Cálculo da drenagem direta ao reservatório

Embora as precipitações ocorridas nas bacias afluentes sejam representadas através do aumento do deflúvio nos corpos hídricos, uma fração desta precipitação é drenada diretamente ao reservatório. Desta forma, a drenagem direta ao lago foi calculada a partir da relação entre a Vazão Específica e Área de drenagem.

A área de drenagem do reservatório Descoberto foi mensurada por Ferrigo (2014) em 34,45 km². A partir da aplicação deste método, foi calculada a drenagem direta em toda a série e foi adicionado, juntamente dos demais afluentes, como a vazão de entrada no reservatório.

6.1.1.3 Descrição e montagem da rede hídrica no SIGA

A rede hídrica representa a primeira interface entre o usuário e o modelo, onde o usuário irá representar o seu sistema físico através de desenhos representativos por nós e trechos.

É frequente que o usuário inicialmente represente o sistema da forma mais simples possível, de forma a abranger os pontos mais importantes de seu sistema e mais relevante para atender os seus objetivos. Neste trabalho, as simplificações ocorreram com o objetivo de facilitar a manipulação por parte do usuário e minimizar possíveis falhas de manuseio do sistema. As simplificações ocorreram da seguinte forma:

1. Todos os afluentes que foram obtidos através dos dados observados acrescidos da influência da drenagem direta ao reservatório, foram compilados em um único afluente e inseridos da forma de “Vazão Natural Incremental” ao reservatório Descoberto. Como resultado, gerou-se uma rede composta de 3 nós e 2 trechos
2. Foram destacadas, entre as diversas RAs abastecidas pelo sistema Descoberto, as RAs que seriam avaliadas nas formações de cenários.

Deste modo, como representado na figura 6.3, a distribuição se dará através de um ponto de Junção, denominada como “ETA Descoberto”, e distribuindo de acordo com a regra de alocação do modelo.

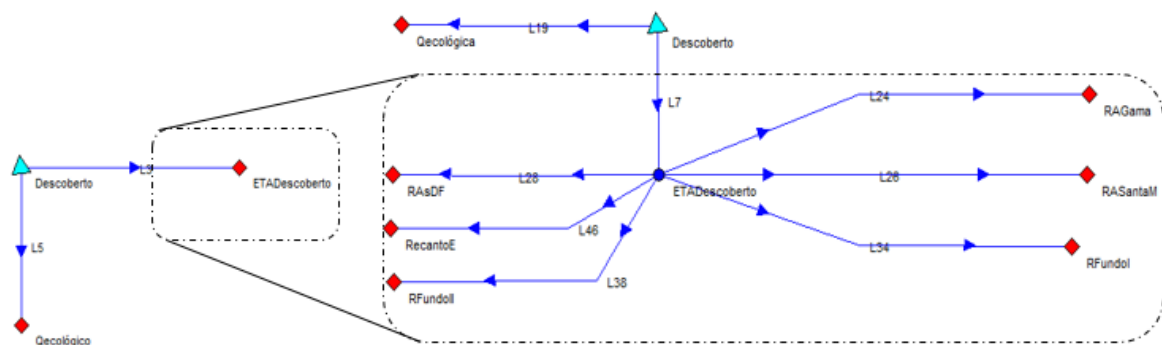


Figura 6. 3 - Representação do subsistema da ETA Descoberto no SIGA

O sistema de abastecimento suporte para simulação, sinalizado na figura 6.3, é descrito através de siglas para cada nó e trecho. A descrição de cada símbolo está disposta no apêndice C.

forma, os cenários criados atenderão os objetivos propostos e servirão de auxílio ao gestor na tomada de decisão para quantificação e mitigação de impactos.

Os cenários criados são comumente feitos com horizontes de longo prazo, como no caso do PGIRH do DF, onde possui horizonte de 30 anos.

Conforme descrito no PGIRH da ADASA (2012, p.52):

“O objetivo do Prognóstico é desenvolver um processo de cenarização que possibilite vislumbrar ambientes possíveis ou mesmo prováveis de futuro com vistas à implementação de políticas públicas de longo prazo que promovam o crescimento econômico de forma sustentável.”

Desta forma, corrobora-se a este trabalho a incorporação dos cenários estimados do Plano de Gestão Integrado no tocante aos cenários extremos considerados como mais otimista e pessimista, denominados, respectivamente, por Cenário com Maior Desenvolvimento e Cenário Tendencial com Gestão.

O cenário mais pessimista adota resultados menos favoráveis em relação à gestão das águas, pois ele se baseia em incrementos econômicos baseados em observações. A diferenciação entre os dois cenários está na taxa de investimento do Estado nas bacias hidrográficas, a partir de um desempenho favorável da economia Brasileira.

O cenário mais promissor assume que ocorrerão ações de gestão mais efetivas, como:

- I. A redução das perdas físicas dos sistemas de distribuição de águas urbanos;
- II. A introdução de novos manejos mais eficientes nos sistemas de irrigação, os maiores usuários de água em volume de retirada e o estabelecimento de percentuais de melhoria;
- III. A incorporação de três novas captações da CAESB (Sistema Bananal, Lago Paranoá e Corumbá).

Portanto, determinar cenários é um instrumento à gestão de alocação de águas, pois permite que o gestor tenha certa previsibilidade de acontecimentos futuros e quais são as consequências de possíveis ações. Dessa forma, a cenarização adotada segue de forma análoga à que foi adotada na PGIRH, sendo:

- I. Cenário Maior Desenvolvimento com Gestão - A conjuntura econômica terá crescimento superior a tendência observada, com reflexos positivos na gestão dos recursos hídricos através aumento dos investimentos setores estruturais, como a diminuição da perda física, e estruturante, como no aumento da eficácia da gestão. Deste modo, espera-se que ocorrerá o atendimento das demandas por

abastecimento, com conflitos por uso da água com os setores agrícolas e energéticos, porém, com maior intervenção dos comitês de bacia e das agências reguladoras através de ações significativas de gestão.

II. Cenário de Maior Desenvolvimento Econômico – A conjuntura econômica para os próximos anos seguirá de forma análoga a citada no contexto anterior, no entanto, a gestão dos recursos hídricos seguirá uma tendência menos expressiva através do baixo índice de investimentos no setor ocasionando o aumento de pressões sobre o sistema. Deste modo, espera-se que o sistema não irá suprir a demanda esperada e ocorrerão extensos conflitos entre os usuários nos setores.

III. Cenário Tendencial com Gestão – A conjuntura econômica para os próximos anos seguirá a tendência do que é observado ao longo dos últimos anos, com reflexos positivos na gestão dos recursos hídricos através aumento dos investimentos setores estruturais, como a diminuição da perda física, e estruturante, como no aumento da eficácia da gestão. Deste modo, espera-se que ocorrerá o atendimento das demandas por abastecimento, com ocorrências de conflitos pelo uso da água com os setores agrícolas e energéticos em menor escala decorrente de intervenções significativas dos comitês de bacia e das agências reguladoras através de ações significativas de gestão.

IV. Cenário Tendencial – A conjuntura econômica para os próximos anos seguirá de forma análoga a citada no contexto anterior, no entanto, a intervenção do Estado é pouco expressiva o que remete em baixas em baixas taxas de investimento no setor e menor capacidade em controlar as pressões sobre o sistema, similar ao esperado no cenário tendencial com gestão. Desta forma, espera-se a ocorrência de conflitos por usos não consuntivos e consuntivos em menor escala, com significativos déficits no atendimento no atendimento.

A cenarização proposta é introduzida no modelo de desdobramentos ocorridos em cada simulação. As simulações abrangem o sistema de abastecimento do Descoberto, com o horizonte de 25 anos, a contar do ano de 2015, com a incorporação posteriormente da RIDE – DF a partir do ano de 2020. Para adoção do cenário limiar, foi adotado o cenário de crescimento tendencial das demandas do DF descritos no PGIRH (2012).

Os cenários descritos são representados no modelo através da manipulação das regras de operação do reservatório, haja vista que o cenário hidrológico não sofrerá

alteração. As regras de operação irão, conseqüentemente, definir a disponibilidade e a capacidade do sistema em alocar água para respectiva demanda meta, como sinalizado na figura 4. A descrição e ilustração das simulações geradas para cada cenário estão dispostos, respectivamente, na tabela 6.3 e nas figuras a seguir:

Tabela 6. 3 - Descrição das simulações no modelo

Simulações	Descrição	Localidades Estudadas	Horizonte (anos)
Cenário limiar	Crescimento tendencial das demandas do DF	RAs abastecidas pelo sistema Descoberto	-
Simulação I	Crescimento das demandas DF com regra de Prioridade	RAs abastecidas pelo sistema Descoberto	25
Simulação II	Crescimento das demandas DF com incorporação de 3 Municípios do Goiás	RAs abastecidas pelo sistema Descoberto, exclusas as RAs Gama, Riacho Fundo I e II, Recanto das Emas e Santa Maria, com a adição dos Municípios de Águas Lindas, Cocalzinho de Goiás e Santo Antônio do Descoberto	15 ¹
Simulação III	Avaliação do Corumbá IV com a incorporação de 4 RAs do DF	RAs Gama, Riacho Fundo I e II, Recanto das Emas e Santa Maria, com a adição dos Municípios da RIDE DF/Entorno ²	15

A partir do cenário limiar, as demais simulações adotam a desagregação da demanda do DF através da representação das regiões administrativas, como representado na figura 6.3. A parcela de demanda de cada RA foi estimada com base no percentual médio da população da respectiva RA em relação à população total abastecida pelo sistema, contidas nas informações disponibilizadas na pesquisa PDAD para os anos de 2011 e 2013.

Observa-se que na simulação no âmbito da RIDE – DF, o nó denominado ETADescoberto corresponde ao mesmo nó da simulação I e limiar, na qual admite somente

¹Os Municípios foram inseridos com horizonte de 15 a partir de 2020.

² Foram considerados os Municípios de Abadiânia, Alexânia, Cidade Ocidental, Corumbá de Goiás, Luziânia, Novo Gama e Valparaíso de Goiás

o sistema de abastecimento atual do Descoberto, exemplificando que a exclusão das RAs Gama, Riacho Fundo I e II, Recanto das Emas e Santa Maria no sistema, como descrito na tabela 6.3, se deve pelo fato de as demandas metas por essas localidades passarão a ser alocadas pelo Corumbá IV (ver figuras 6.3 e 6.4). Como o sistema de abastecimento é interligado, faz-se viável do ponto de vista prático que não ocorra a desagregação da demanda. Portanto, através da simulação consorciada ocorrerão concomitantemente as simulações II e III, elucidado na figura 6.5.

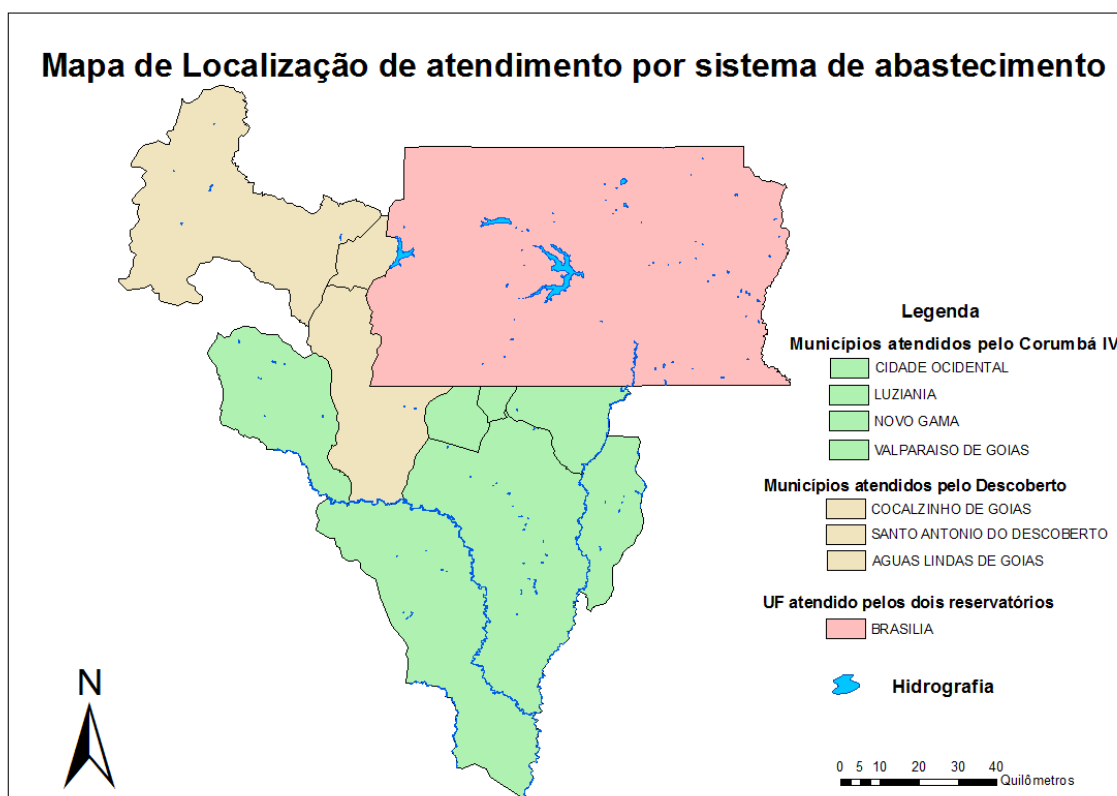


Figura 6.5 - Representação dos Cenários de atendimento

De forma análoga ao ocorrido na simulação I, a demanda ecológica do Corumbá IV é sinalizada como um ponto de demanda, o que do ponto de vista físico está correto, pois a vazão ecológica não é uma demanda que extrai água do sistema, porém, esta utilização não se caracteriza como um erro no modelo, mas age de forma inversa facilitando a verificação do atendimento. Além disto, o Corumbá IV conceitualmente foi idealizado com o objetivo de gerar energia hidroelétrica, portanto, foi considerada a vazão turbinada.

Neste aspecto, ressalta-se a liberdade do usuário em poder utilizar o SSD da forma de sua concepção, atribuindo a partir de sua conveniência a forma de visualizar que melhor atende os seus objetivos.

6.2.1 Simulações por Regra de operação

As informações operacionais se remetem ao funcionamento de operação do reservatório. Ao se avaliar os objetivos do trabalho com as regras operacionais disponíveis no modelo, fez-se viável a utilização a regra de operação periódica, sendo que a alocação para cada demanda, em cada cenário, corresponderá à demanda necessária para o atendimento. De forma correlata, a alocação será na constituição dos cenários para a simulação I, o equivalente para cada demanda, a parcela de vazão necessária para garantir a totalidade do atendimento, ou seja, atua de forma equivalente a regra de operação por prioridade.

No âmbito da RIDE, as regras de operação seguem a mesma abordagem, no entanto, como é pressuposto que no sistema consorciado não ocorrerá falha no atendimento de abastecimento, não foi adicionada ao modelo nenhuma regra de prioridade de demanda no DF, que terá parte de seu volume alocado pelo Corumbá IV e parte pelo Descoberto, mas não foi excluída a prioridade da demanda ecológica dos reservatórios.

6.2.2 Definição de prioridades de demanda

Para atender a funcionalidade do SIGA e a geração dos cenários, é necessário que se definam quais serão os usos que terão atendimento prioritário em casos de *déficit* hídrico, nos aspectos ambientais, econômicos e sociais. Dessa forma, são definidos os seguintes critérios:

1. Cota Meta e Vazão Firme – Prioridade 1. Segurança hídrica nos reservatórios e mananciais.
2. Abastecimento Humano – Prioridade 2 com preferência para as regiões administrativas mais próximas ao reservatório. As demais localidades recebem prioridade inferior.
3. Demais Usos – Prioridade inferior às citadas anteriormente. Os usos referidos nesta classe são: Irrigação, Geração de Energia Elétrica, Navegação, Recreação e Paisagístico.

7. RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS

Neste capítulo, estão apresentados os resultados das simulações realizadas para todos os cenários propostos, exceto para a simulação III, bem como as análises referentes aos dados e a aplicabilidade do modelo.

O modelo apresenta os resultados para o balanço em todos os nós e trechos, como também o número de falhas que o sistema pode ter apresentado a passo mensal ou anual. Deste modo, estão dispostos os resultados do balanço de massa em nível mensal, assumindo que, quando não ocorre alcance do volume morto no reservatório ele supriu efetivamente todas as demandas requeridas. Caso seja observado ao alcance do volume morto no reservatório, assumi-se que, ocorrerá no mínimo uma demanda que demonstrou falha de atendimento.

Todas as simulações, para cada um dos cenários, estão disponíveis nos apêndices deste trabalho, exceto para o cenário limiar.

7.1. BALANÇO HÍDRICO NO RESERVATÓRIO DESCOBERTO

O resultado da curva de garantia do modelo está disposto na figura 7.1

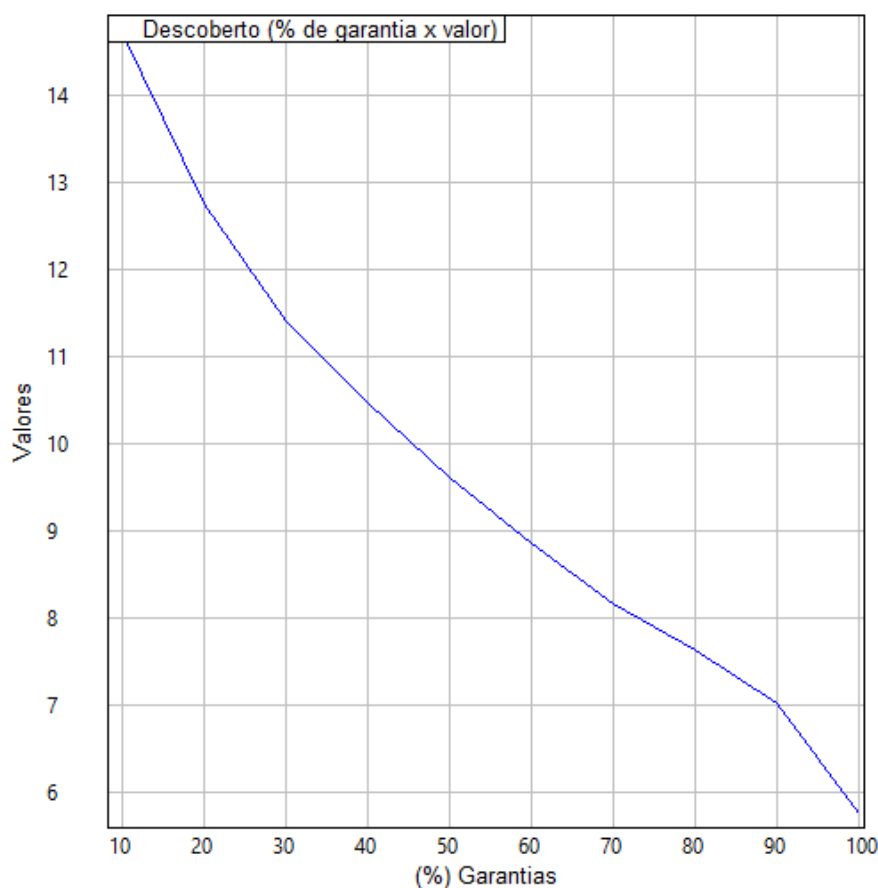


Figura 7. 1 - Curva de Garantia do reservatório Descoberto

De acordo com o resultado da curva de garantia, assume-se que o sistema garante que, em 100% do tempo, o atendimento de uma vazão igual ou inferior a 5,75 m³/s. Portanto, em análise inicial espera-se que o modelo irá comportar grande parte dos cenários previstos até o ano de 2030, como mostrado na tabela 6.1. No entanto, a variabilidade temporal adotada pode influir na possibilidade de atendimento da demanda.

No cenário limiar, referente ao ano de 2015, nota-se que o reservatório atendeu as demandas, como de fato era esperado. No entanto, o volume do reservatório demonstrou grande variação em um possível período de seca, como representado na primeira década do século XXI figura 7.2, sinalizando que para os cenários futuros o atendimento ocorrerá de forma precária, a depender do modelo de gestão adotado para a bacia.

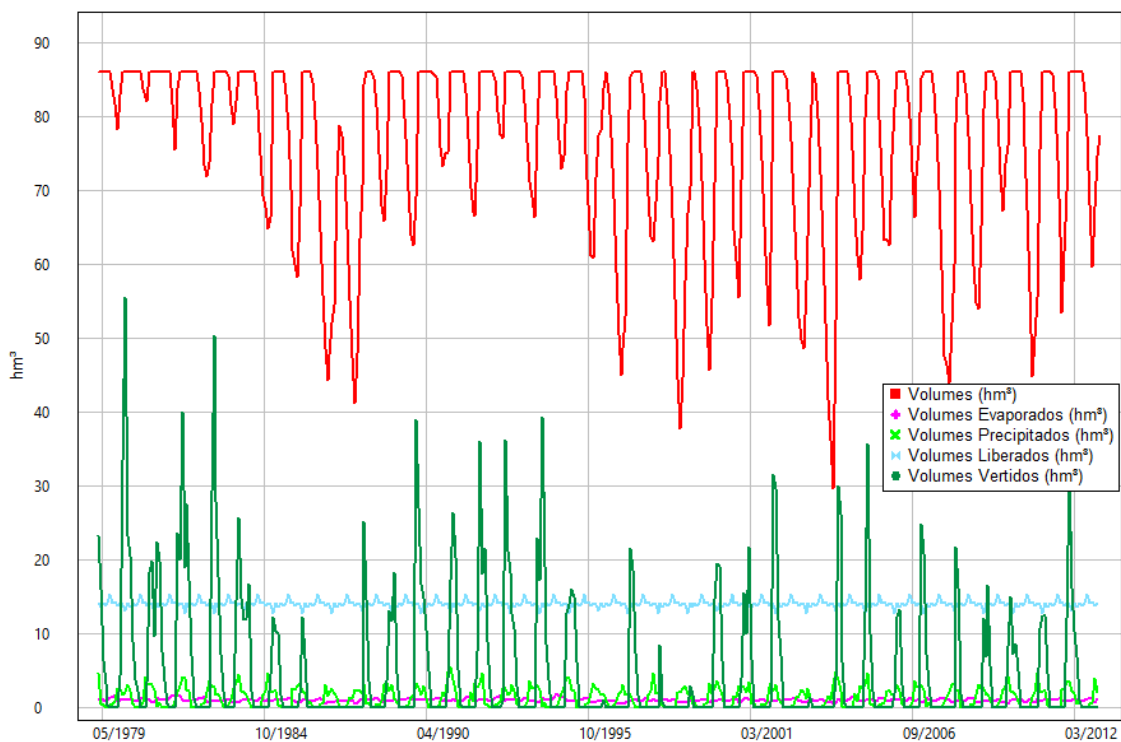


Figura 7. 2 - Balanço hídrico do reservatório Descoberto em 2015

7.1.1. Cenário Tendencial

O cenário tendencial corresponde ao cenário que pressupõe que a tendência das demandas seguirá o observado e que não ocorram ações de gestão efetivas na bacia, ver capítulo 6.3. No apêndice A, estão apresentados os resultados do balanço de massa para o reservatório Descoberto segundo o cenário proposto.

Através dos resultados gerados, observa-se que embora o volume do reservatório se torne cada vez mais instável, o sistema consegue comportar toda a demanda até o ano de 2030, onde passa a começar a apresentar *déficit* de atendimento só que com menor expressão (linha azul do gráfico de volumes do Apêndice A). Neste aspecto, vale ressaltar que a demanda ecológica em nenhum cenário deixará de ser atendida pelo fato de possuir prioridade de maior relevância.

Para os próximos cenários a ocorrência de falhas é mais visível, como observado a partir de 2035, onde ainda que ocorra a aplicação da regra de prioridade no sistema, as falhas ainda se tornam visíveis, que neste caso está representada pelo nó que não sofreram a análise de alternativas de abastecimento, sinalizada no sistema como RAsDF³.

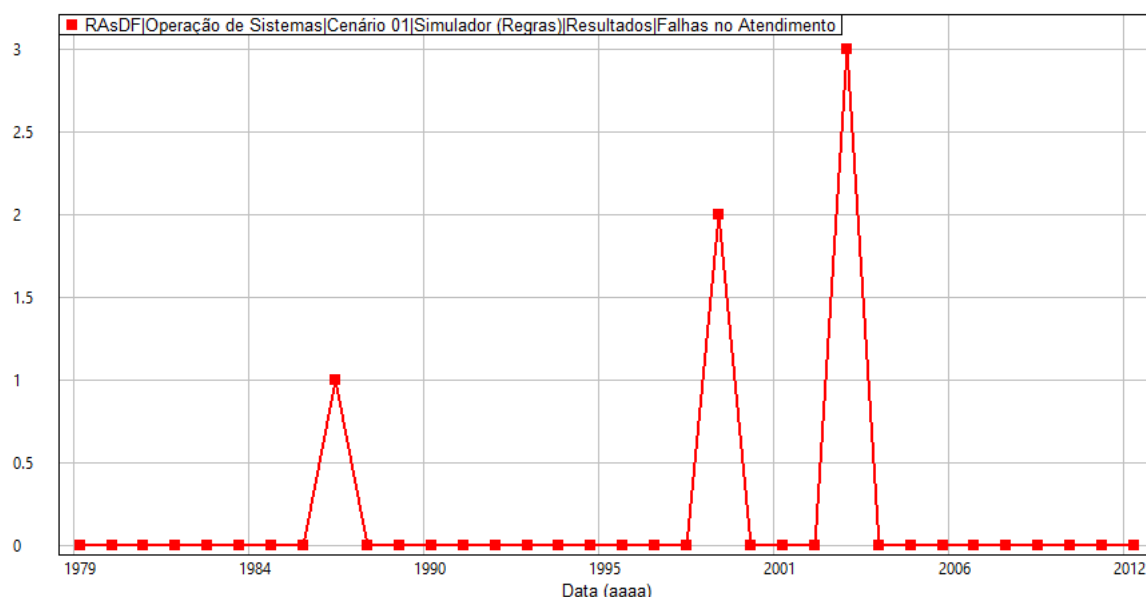


Figura 7.3 - Ocorrência de falhas para o conjunto de RAs de maior prioridade do DF em 2035

A análise de falhas verifica, portanto, a ocorrência de falhas que o sistema reconheceu no período de tempo. Na figura 7.3, o modelo reconheceu que houve 3 momentos de falha durante todo o período, sendo ocorridas 3 falhas no ano de maior falha. A observação de falhas configura como bom método análise de intermitência, mas pode ser tendenciosa, pois ela apresentará a ocorrência de falhas independente da grandeza da vazão não atendida, ou seja, independentemente do valor da vazão de falha o sistema irá apontar

³As regiões administrativas associadas a este nó são Águas Claras, Candangolândia, Ceilândia, Guará, Núcleo Bandeirante, Park Way, Samambaia, Taguatinga e Vicente Pires

a ocorrência da falha. Considerando, no entanto, que estamos representando falha de atendimento público, qualquer falha é considerada importante, uma vez que o abastecimento público é prioritário e não deve enfrentar falhas, por menores que sejam. Então, as análises são feitas para evitar qualquer ocorrência de falhas, mesmo as menores.

Neste aspecto, vale ressaltar que o sistema de abastecimento público se configura não somente em captação, tratamento e distribuição, mas configura em um conjunto de componentes que auxiliam a garantia de atendimento. Portanto, ao se analisar a vazão de falha necessita observar o conjunto ocorrência e vazão de falha. Na figura 7.4 mostra a intensidade (vazão) de falhas para o DF, exclusiva as RAs do Gama, Riacho Fundo I e II, Santa Maria e Recanto das Emas.

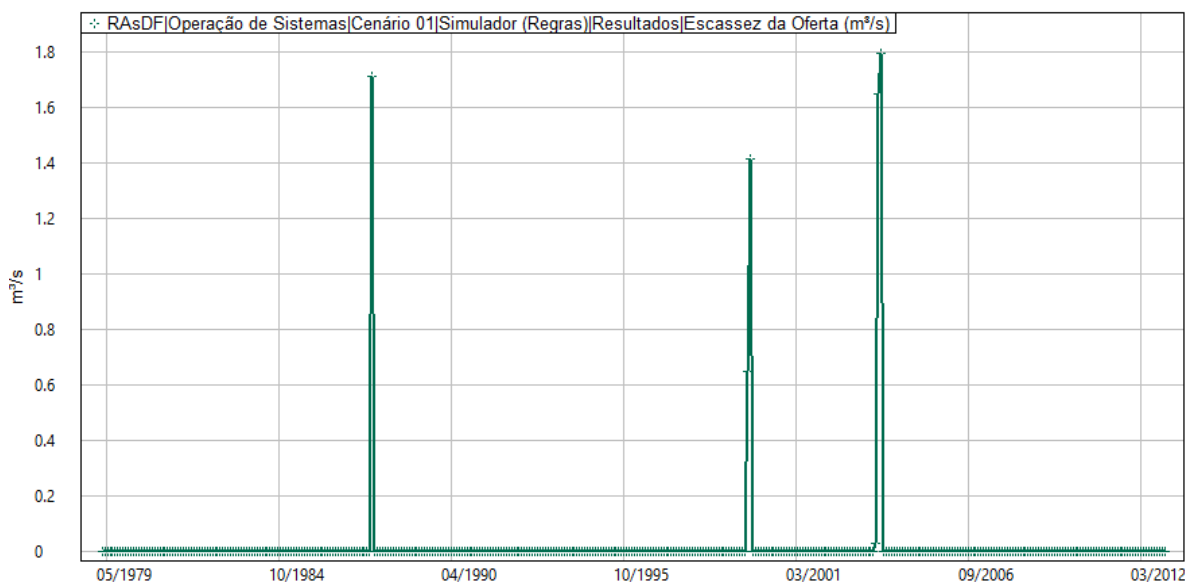


Figura 7. 4 - Escassez de oferta no sistema para o Cenário Tendencial no ano de 2035

De forma mais minuciosa, observa-se que, durante toda a série, a escassez ficou concentrada em curtos períodos, mas com pico elevado. Neste cenário, o pico da escassez ocorreu no mês de dezembro com o valor em aproximadamente 1,8 m³/s, correspondendo ao patamar de 45% da demanda meta para aquele momento, configurando em uma situação clara de conflito no setor de abastecimento do Distrito Federal.

Neste cenário, vigora-se o fato de que, embora tenha ocorrido falha no sistema como um todo, o número de ocorrência de falhas nesta demanda é inferior às demais localidades do DF, como mostrado na figura 7.5. Estas RAs por possuírem prioridade de atendimento inferior das Regiões Administrativas agrupadas no nó único acabam por

possuir uma frequência de falhas maior. No entanto, como a demanda é baixa, notam-se falhas relevantes, em torno de 0,12 m³/s, mas constatam-se também falhas em menores escalas, como observado na década de 80 vazões de escassez em torno de 0.01 m³/s.

Neste aspecto, salienta-se a necessidade em observar a precisão do modelo na realização de balanço hídrico para baixas demandas. Nota-se que durante toda série foram observadas pequenas falhas, o que pode aparentar como falha de atendimento, como também não adequação do modelo à análise de pequenas demandas, pois embora o tenha ocorrido severos picos não atendimento, o reservatório detinha o volume necessário para abastecer estas demandas e elas não foram abastecidas, como ilustrado na figura 7.5 e no Apêndice A.

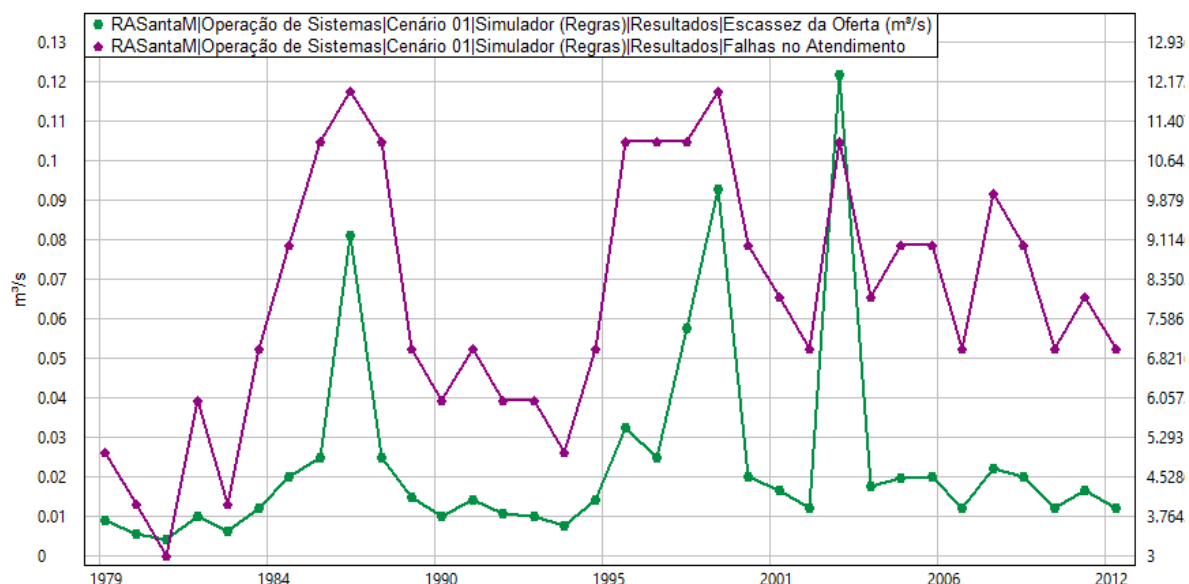


Figura 7. 5 - Ocorrência de falhas para as RAs de menor prioridade (representação da RA Santa Maria)

Assim como em 2035, no ano de 2040 a ocorrência de falhas se torna mais constante e mais agravante, demonstrando que o sistema, além de operar no limite de sua capacidade, como demonstrado a partir da variabilidade do volume meta do reservatório, o sistema não conseguirá atender à demanda da população do DF de forma adequada, como mostrado na figura 7.6.

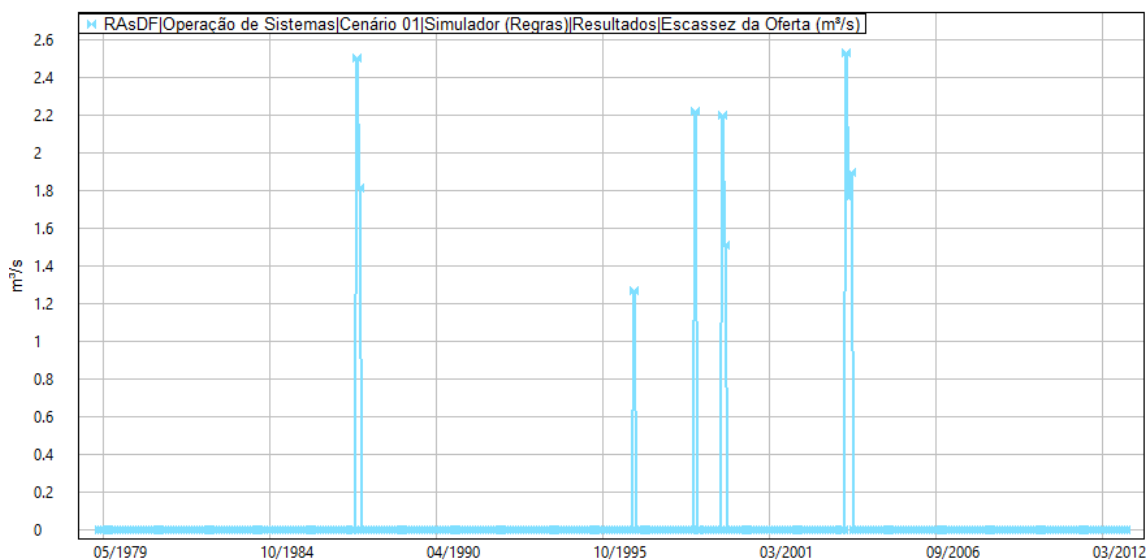


Figura 7. 6 – Escassez de Oferta para o cenário tendencial em 2040

Ressalta-se neste aspecto que, pela primeira vez, o reservatório alcançou o volume morto, como mostrado na figura 7.7, o que representa que o sistema se encontra inadequado para o atendimento da população e não um ambiente apropriado para manutenção da flora e fauna do ambiente aquático.

	Total	Média	Valor Máximo	Valor Mínimo
Volumes	26172.955	64.307	86.000	10.000
Liberações	2519.415	6.205	6.450	2.230
Vertimentos	458.501	1.129	21.215	0.000
Vazão controlada a montante	0.000	0.000	0.000	0.000
Volumes Evaporados	363.666	0.896	1.711	0.159
Volumes Precipitados	478.652	1.179	5.032	0.000
Volumes Não-Controlados	7676.823	18.908	67.924	3.603
Volumes Liberados	6626.483	16.321	17.035	5.973
Volumes Controlados	0.000	0.000	0.000	0.000
Volumes Vertidos	1193.267	2.939	53.157	0.000

Figura 7. 7 - Quadro resumo do balanço hídrico do Descoberto para o cenário tendencial em 2040.

Em suma, o cenário tendencial mostra um patamar de altos índices de falhas no sistema, demonstrando que caso a premissa socioeconômica e gerencial dos recursos

hídricos, o Descoberto tenderá a não conseguir oferecer a segurança hídrica necessária para a população do Distrito Federal, ilustrado na figura 7.8.

	Total	Média	Valor Máximo	Valor Mínimo
Vazão Afluente	1783.963	4.394	10.038	1.630
Demanda Meta	2718.650	4.119	4.240	4.020
Demanda Atendida	1654.844	4.076	4.240	1.630
Escassez da Oferta	17.696	0.044	2.530	0.000
Vazão Efluente	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 7. 8 - Quadro resumo para o Cenário tendencial de atendimento as RAs de maior prioridade do DF em 2040

Neste aspecto, reforça a necessidade de alternativas de abastecimento, onde neste caso o cenário adotado é a ocorrência conjunta das simulações II e III, onde prevê que as demandas de menor prioridade, descritas na simulação I, seriam abastecidas pelo reservatório Corumbá IV, diminuindo a pressão de demanda sobre o Descoberto, que passará a comportar os Municípios do Entorno do Distrito Federal que possuem distância e demanda inferior.

Referente à simulação II, as demandas decorrentes dos municípios do Entorno são inferiores às demandas de menor prioridade do DF, no entanto, como a maior parcela de demanda é referente às RAs do DF, a ocorrência de falhas é minimizada quando se utiliza da forma consorciada, mas ainda assim são necessárias as ações de gestão para minimizar os impactos de falhas de atendimento.

Para a simulação III, foi observada que a capacidade do Corumbá IV é demasiadamente superior à demanda do DF para o cenário mais pessimista, denominado como cenário de Maior desenvolvimento econômico. Segundo o Sistema de Acompanhamento de Reservatórios – SAR, o volume do Descoberto é em torno de 40 vezes menor que o do Corumbá IV, em torno de $3,7 \times 10^3$ hm³ de água, pois o Corumbá IV possui em sua concepção o objetivo de gerar energia hidroelétrica.

Deste modo, foi considerado que, no aspecto quantitativo, o Corumbá IV atenderá todas as demandas pretendidas na simulação III, ou seja, torna-se viável no aspecto quantitativo a utilização do reservatório para atender todas as demandas dos municípios da

RIDE DF/Entorno como também fortalecer o sistema Descoberto através do atendimento para as regiões administrativas citadas.

7.1.2. Cenário Tendencial com gestão

O cenário Tendencial com gestão adota em sua premissa que as ações de gestão serão mais presentes ocasionando em diminuições das pressões sobre a demanda. De fato, isso é constatado ao se observar que em todos os cenários propostos não ocorre a presença de falhas de atendimento no sistema, demonstrando nas linhas azuis e vermelhas, correspondente as liberações e volumes do reservatório respectivamente. De forma análoga, como o sistema de abastecimento consorciado possui uma demanda menor, conseqüentemente não há a ocorrência de *déficit* de atendimento.

Este cenário configura-se como uma representação da influência da boa gestão dos recursos hídricos. Em consequência direta, quando se avaliam dois cenários que são submetidos ao mesmo grau de impacto da economia, como configurada nos cenários prováveis e desejáveis, a gestão sobre os recursos hídricos influencia de tal modo que a demanda sobre o sistema chega ao patamar de redução em torno de 30%, representa um valor considerável. Na figura 7.9 está disposto o quadro resumo do atendimento no conjunto de RAs de maior prioridade, reforçando a capacidade do sistema em atender confortavelmente o sistema caso a premissa adotada do cenário tendencial com gestão ocorra no âmbito do DF.

	Total	Média	Valor Máximo	Valor Mínimo
Vazão Afluente	1482.545	3.652	10.797	2.368
Demanda Meta	1370.050	2.076	2.130	2.020
Demanda Atendida	842.880	2.076	2.130	2.020
Escassez da Oferta	0.000	0.000	0.000	0.000
Vazão Efluente	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 7. 9 - Quadro resumo do atendimento das RAs de maior prioridade do DF em 2040 para o Cenário tendencial com gestão

Corroboram-se com esta observação os gráficos de balanço hídrico para os anos de 2035 e 2040 demonstrando que em um período de 5 anos não foram constatadas variações

nas demandas pretendidas, testificando também a coerência dos resultados das simulações com a curva de garantia gerada (figura 7.1).

No contexto da RIDE, como as demandas do DF indicadas com de menor prioridades são em sua totalidade muito superiores às demandas dos municípios em estudo, ou seja, o conjunto das demandas das RAs Gama, Riacho Fundo I e II, Recanto das Emas e Santa Maria são maiores que o conjunto das demandas dos municípios de Águas Lindas, Cocalzinho e Santo Antônio do Descoberto, evidenciam que a simulação II para o cenário tendencial com gestão ocorrerá de forma confortável a atender todas as demandas do sistema. Na figura 7.10 estão representadas as diferenças de demanda entre as demandas do sistema do DF tradicional e o consorciado respectivamente.

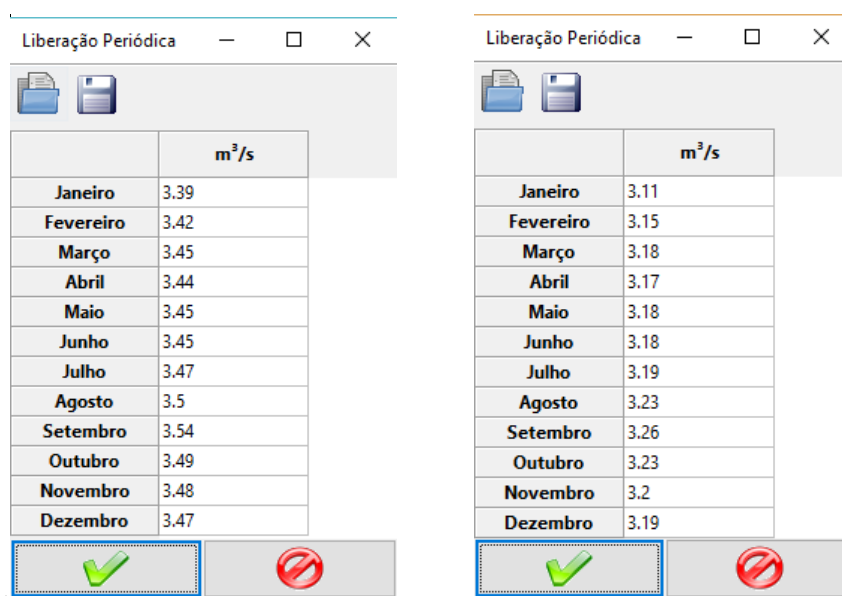


Figura 7. 10 - Demandas periódicas para o Cenário tendencial com gestão no DF (direita) e na RIDE (esquerda) em 2040

7.1.3. Cenário de Maior desenvolvimento econômico com Gestão

O cenário Maior desenvolvimento econômico com gestão corresponde ao cenário com o pressuposto de que no aspecto socioeconômico o DF irá possuir estímulo superior ao observado com a presença de ações de gestão na Bacia Hidrográfica.

Diferentemente do que foi admitido inicialmente, foi observado que o sistema não conseguiu atender a totalidade das demandas, como sinalizado no balanço hídrico ocorrido no reservatório a partir do ano de 2035. Porém, o não atendimento ocorreu apenas para nós que representam as regiões administrativas de menor prioridade, não sendo observado no

nó que representa as RAs de prioridade superior. No entanto, a falta de atendimento ocorre em uma pequena parcela do tempo, pois embora a demanda seja acima da vazão regularizável em alguns momentos, o reservatório consegue comportar a demanda pretendida em maior parte do tempo.

Neste aspecto, sinaliza que, embora as ações de gestão se mostrem efetivas, são necessárias intervenções maiores em longo prazo, que neste aspecto, cabe com grande valia a incorporação de novos mananciais como alternativas de abastecimentos.

Embora as falhas sejam minimizadas pela efetividade das ações de gestão na bacia, o reservatório não ofereceu a segurança hídrica necessária para atender todas as demandas metas prevista para este cenário. Corrobora-se com este fato a ocorrência de volume morto no reservatório (ver Apêndice A), constatando que o sistema se apresentou ineficiente neste momento.

Ressalta-se que embora tenha ocorrido falha de atendimento apenas nas localidades de prioridade inferior, a vazão de escassez representou mais de 65% da demanda meta, caracterizando-se em não atendimento. Neste aspecto, avalia-se que a partir deste momento, caso ocorra um evento de seca similar o evento ocorrido em 2003 o reservatório não terá a capacidade de fornecer a demanda necessária para atender confortavelmente todo o sistema do Descoberto, além disto, os conflitos pelo uso da água tenderão a uma frequência maior, principalmente entre as demandas consuntivas e o ecossistema aquático.

Para o horizonte de 2040, é previsto que o sistema sofrerá por maiores pressões de atendimento, porém, a ocorrência de falha será de forma pontual assim como foi ocorrido em 2035, porém, de forma mais agravante. A figura 7.11 exemplifica, através da RA de Santa Maria, o percentual de não atendimento para as regiões administrativas caracterizadas de prioridade inferior, sinalizando que para o mês de dezembro de 2003 a escassez foi de 100%, elucidando, portanto, que o sistema não suportaria a demanda pretendida se ocorresse um evento de seca, assim como ocorreu no ano de 2003.

	Vazão Afluente m ³ /s	Demanda Meta m ³ /s	Demanda Atendida m ³ /s	Escassez da Oferta m ³ /s	Vazão Efluente m ³ /s
12/2003	0	0.38	0	0.38	0

Figura 7. 11 – Quadro de atendimento para as RAs de prioridade inferior no DF (representado pela RA Santa Maria) em 2040 no Cenário de Maior desenvolvimento econômico com gestão

No âmbito da RIDE, constatou-se que, no horizonte do cenário, o reservatório conseguiu atender de forma confortável as demandas de abastecimento, o que é factível ao se visualizar o balanço hídrico do reservatório disposto no apêndice A. Quanto à viabilidade de utilizar este cenário como suporte a tomada de decisão, nota-se que a promoção da gestão dos recursos hídricos a partir de ações que fomentam o uso racional da água se mostrou em reduções significativas nas pressões sobre as demandas pelo o uso da água.

Reforça esta afirmação através da observância da tabela 6.1, na qual apresenta que as expectativas de demanda para o cenário tendencial são superiores a do cenário de Maior desenvolvimento econômico com gestão, tipificando a necessidade em associar a gestão dos recursos hídricos às ações de planejamento, como através de soluções que viabilizem a alocação da água para regiões mais próximas dos mananciais de captação, proposto no cenário RIDE, diminuindo os custos operacionais para alocar para regiões mais longínquas, como também em medidas estruturais que assegurem a oferta de água com maior qualidade, como através de manutenções no sistema e controle de perdas.

7.1.4. Cenário de Maior desenvolvimento econômico

O cenário de maior desenvolvimento econômico corresponde ao cenário que pressupõe que no aspecto socioeconômico o DF irá possuir estímulo superior ao observado, porém, não terá as mesmas taxas de investimento nas ações de gestão sobre os recursos hídricos.

Este cenário possui grande importância na análise de cenários, pois ele intensifica a ocorrência de falhas e a gravidade das falhas ocorridas. Corroboram-se neste quesito as simulações ocorridas, nas quais demonstraram que este cenário passou a conceber falhas relevantes de abastecimento a partir do ano de 2030, quando observado o alto índice de ocorrência de volume morto no reservatório.

A partir de análise superficial, ao se verificar a demanda média do cenário (ver tabela 6.1) com a curva de garantia gerada pelo modelo, espera-se que o sistema seja capaz de assegurar em mais de 90% do tempo, haja vista que é necessário ser acrescido o valor da vazão ecológica. Essa afirmação pode ser constatada ao se observar o balanço hídrico no reservatório, onde sinaliza que em maior parte do tempo o reservatório está com capacidade de liberação dentro do necessário.

De forma minuciosa, analisar somente a vazão regularizável do sistema não se pode configurar como o pressuposto para afirmar que o reservatório atendeu ou não as demandas por ele pretendidas, haja vista que os reservatórios detêm em sua grande maioria a concepção de usos múltiplos, o que é observado no Descoberto. Deste modo, a intensa variabilidade do nível do reservatório denota a inviabilidade do ponto de vista funcional. Para que o reservatório possa ser qualificado como adequado para o atendimento dos usos múltiplos da bacia, é pressuposto que ele manterá padrões tanto de qualidade quanto de quantidade, o que não se configura neste cenário.

Quanto ao índice de falhas no sistema, configuram-se claramente em alguns momentos que o reservatório não consegue atender as demandas pretendidas em sua totalidade, como ilustrado na figura 7.12, no qual aponta as liberações do reservatório durante todo o período.

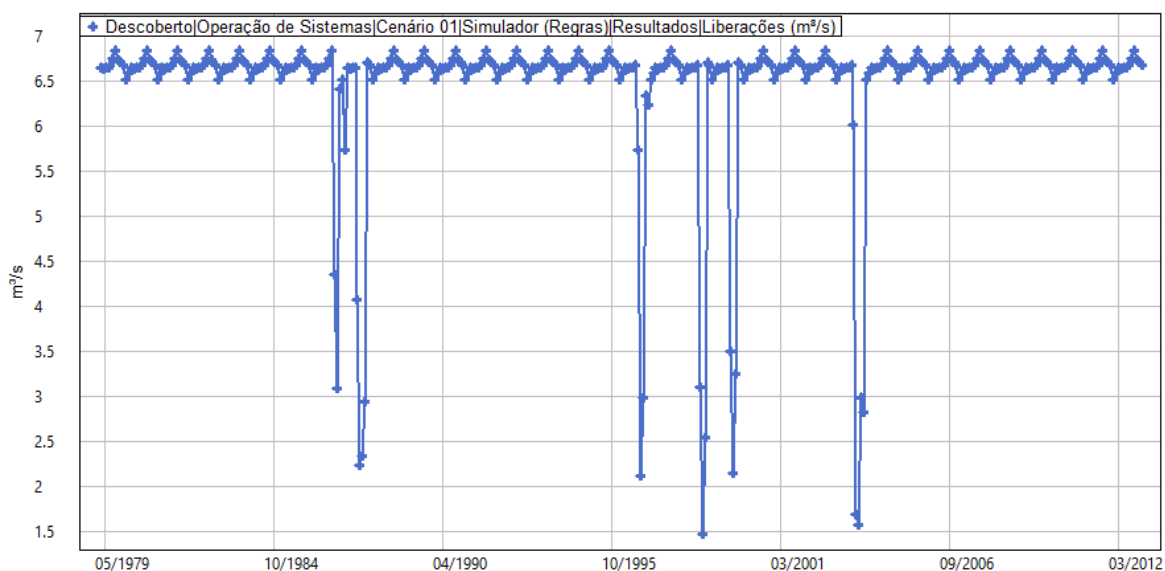


Figura 7. 122 - Liberações do Descoberto para o cenário de Maior desenvolvimento econômico em 2040

Observa-se na figura anterior que assim como nos demais cenários, as falhas no sistema são pontuais com constante ocorrência na década de 80 e na primeira década do século XXI. Embora as falhas do sistema ocorram em forma pontual, os níveis de atendimento nas épocas de falha são baixos, como ocorrido no ano de 1998 onde a demanda meta era em torno de 6,8 m³/s e o sistema foi capaz de alocar somente 1,5 m³/s, o que representa menos de 30% da demanda pretendida, o que remete a necessidade de complemento por meio de alternativa de manancial para abastecimento.

Em caso de adoção da simulação II, as pressões sobre os sistemas são inferiores de tal modo que não passa a ser observada escassez no atendimento, ilustrado na figura a 7.13 e no balanço hídrico do reservatório Descoberto disposto no Apêndice A.

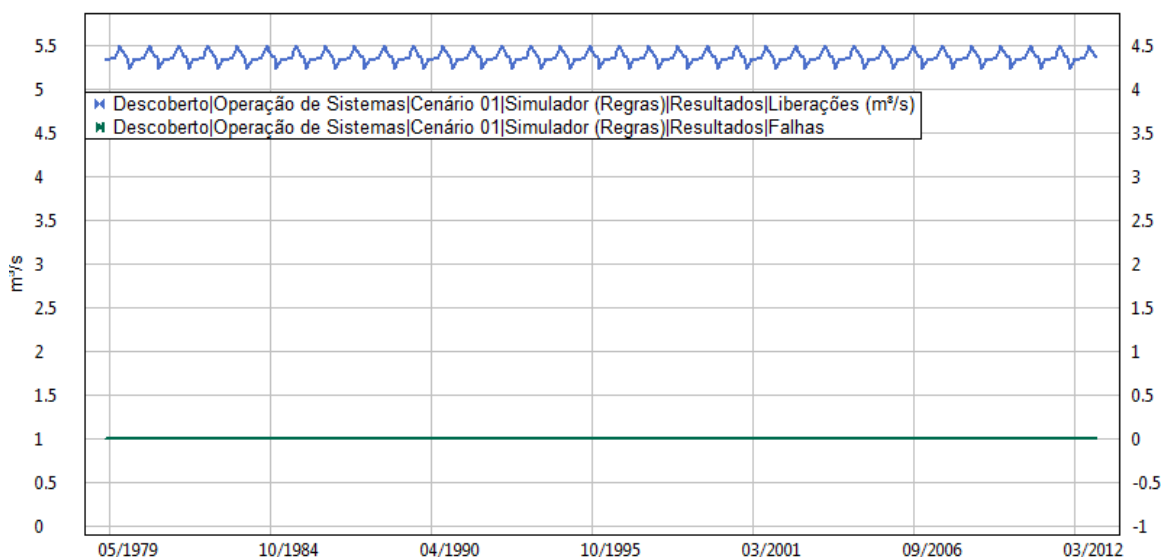


Figura 7. 13 - Liberações do Descoberto para o Cenário de Maior desenvolvimento econômico no âmbito da RIDE em 2035

Em síntese, o cenário de maior desenvolvimento econômico apontou a inviabilidade do Descoberto em atender de forma segura o sistema de abastecimento caso haja um acúmulo das pressões de demanda sobre o reservatório. Neste contexto, faz-se viável adotar este cenário como um balizador para a tomada de ações de planejamento a fim de alcançar o padrão de Maior desenvolvimento econômico com gestão.

A partir deste cenário pode constatar a viabilidade de utilizar o sistema consorciado, a partir da utilização do manancial Corumbá IV como reforço do sistema do Descoberto no DF e o Descoberto como manancial para os Municípios da RIDE que estão

no Entorno do DF na porção Oeste. Desta forma, o estudo de cenários demonstrou que independente do cenário que ocorra, esta abordagem tenderá ao uso do recurso hídrico de forma mais racional, diminuindo os impactos sobre o ecossistema aquático do reservatório Descoberto bem como vão de encontro com a diminuição dos conflitos pelo o uso da água entre os setores usuários, demonstrando como método efetivo para solucionar as questões gerenciais, econômicas e ambientais na bacia do reservatório Descoberto.

8. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os objetivos propostos neste projeto se tornaram factíveis através da utilização do SIGA. Desta forma, a partir dos resultados obtidos foi possível compreender o comportamento do reservatório e a capacidade de atender as demandas do Distrito Federal e Entorno.

A partir da estruturação deste projeto em etapas foram constatadas as seguintes conclusões:

Metodologia

Constatou-se que os sistemas de informações disponíveis ainda são deficitários, apresentando em muitas vezes dados desagregados, dificultando o aporte de informações. Além disto, percebeu-se a dificuldade em obtenção de dados hidrológicos mais detalhados, principalmente nos municípios de menor porte, o que inviabilizou análises mais efetivas para a simulação III.

A geração de cenários se mostrou como metodologia viável para vislumbrar a influência e necessidade do uso na gestão dos recursos hídricos, considerando que foi de grande contribuição na variação do percentual de atendimento.

Utilização do SIGA

Observou-se que, embora seja um programa recente, o SIGA demonstrou ser um programa adequado para realizações de simulações tais como foi submetida neste trabalho. Porém, o programa ainda necessita de maiores verificações para correções de alguns *bugs* que foram ocorridos e que inviabilizaram a utilização de algumas funções, mas que não foram relevantes para atendimento dos objetivos.

No que tange a análise de resultados, o SIGA demonstrou uma pequena divergência no que tange a geração da Curva de Garantia. A curva configura que para os valores superiores a 5,75 m³/s o sistema iria atender a totalidade do atendimento, mas quando se observa cenários gerados, constata-se que não houve o atendimento da totalidade das demandas quando o sistema possui valores inferiores a 5,75 m³/s. No entanto, os valores de escassez são desconsideráveis quando se submetem a regra de arredondamento, inferindo portanto, uma tendência do modelo não se comportar adequadamente quando submetido a sistemas que englobam demandas muito baixas.

Alternativas de abastecimento

Observou-se que o sistema consorciado entre o DF e os municípios de Águas Lindas de Goiás, Cocalzinho de Goiás e Santo Antônio do Descoberto é factível,

demonstrando ser mais viável no ponto de vista gerencial, tendo em vista que os municípios se encontram mais próximos do reservatório do que outras localidades abastecidas pelo reservatório no Distrito Federal.

Alternativas de mananciais

Constatou-se a viabilidade do reservatório Corumbá IV como alternativa para atendimento dos municípios do Goiás, como também para reforçar o sistema descoberto no que tange as regiões administrativas na porção sudoeste do Distrito Federal no aspecto quantitativo. Além disto, através da utilização do sistema consorciado, torna-se mais seguro do ponto de vista sanitário e gerencial a utilização de abastecimento superficial que se encontra em menor escala nestes municípios, pois a vasta utilização de poços tubulares podem causar impactos negativos sobre a qualidade da água subterrânea e diminuem a dependência deste tipo de sistema, que passaria a atuar do ponto de vista da gestão dos recursos hídricos como uma reserva estratégica.

Conflitos pelo uso da água

Embora neste trabalho não tenha abordado conflitos pelo uso da água entre os diversos usuários consuntivos e não consuntivos através dos cenários, constata-se que os conflitos ocorrerão com maiores frequências com prioridades de usuários. Além disto, apesar de não ocorrer limitações para o atendimento da vazão ecológica, os impactos ambientais tendem a ser mais amplos, principalmente sobre o aspecto ecológico do próprio reservatório, seja por atendimento de espécies que utilizam do reservatório como fonte de água seja pelas espécies que utilizam o lago como ambiente físico.

Em síntese, os resultados gerados demonstraram que o sistema de abastecimento do Descoberto tenderá ao não atendimento das demandas previstas na maioria dos cenários gerados. Porém, a observação das falhas de atendimento somente foi observada em maior escala a partir do ano de 2030, o que viabiliza a capacidade de implementar alternativas de abastecimento.

Quando observado o sistema consorciado, a partir da RIDE, as pressões sobre o sistema Descoberto diminuiriam aumentando a capacidade do sistema em abastecer confortavelmente os municípios da RIDE paralelamente com as Regiões mais próximas do DF que são atualmente abastecidas pelo sistema. Tendo em vista as dificuldades encontradas para alcance dos objetivos deste trabalho, recomenda-se para aplicação em atividades futuras a observância dos seguintes aspectos:

- Observar a disponibilidade de informações públicas e verificar a capacidade de contato com demais atores públicos e privados;
- Compreender as ferramentas necessárias para o alcance dos objetivos de modo a mitigar os esforços;
- Adoção de metodologias que englobem o atendimento no aspecto qualitativo;
- Realizar calibrações e análise de sensibilidade do modelo

Em caso de novas aplicações na mesma área de estudo deste trabalho, recomenda-se:

- Avaliar o sistema hídrico do Distrito Federal como um todo, aplicando o Lago Paranoá, juntamente do Corumbá IV, como novos mananciais para abastecimento;
- Avaliar o aspecto qualitativo da utilização dos reservatórios, haja vista o aporte de efluentes das estações de tratamento de esgoto;
- Compreender e discutir as influências socioeconômicas da transposição de Bacia que ocorre entre o Descoberto e o São Bartolomeu;
- Avaliar a viabilidade financeira da construção de uma ETA no Corumbá IV para o abastecimento de pequenos municípios e as regiões administrativas do DF, haja vista que o reservatório está em um nível altimétrico consideravelmente inferior ao das demais regiões administrativas do Distrito Federal, como ilustrado no apêndice B.
- Quantificar os impactos ambientais sobre o ecossistema aquático em caso de ocorrência de baixos volumes no reservatório devido ao aumento das pressões de demanda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

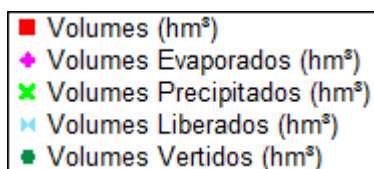
- Alves, C. M. A.; Barros, F. V. F. e Mendonça Junior, G. M. (2006). “Desenvolvimento do protótipo do Sistema de Informação para Gerenciamento da Alocação da Água.” *Anais do VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, Pernambuco, Brasil.
- Alves, C. M. A.; Barros, F. V. F. e Mendonça Junior, G. M. (2007). “Implantação dos Módulos de Calibração Automática de Modelos Hidrológicos e de Modelagem de Poluição Difusa no Sistema de Informações para Gerenciamento da Alocação da Água-SIGA.” *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, São Paulo, Brasil.
- ANA (2010). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*. Brasil.
- ANA (2012). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*. Brasil.
- ADASA (2014). *Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal, Vol. 1*. Brasília, Brasil.
- Braga, B.; Barbosa, P. S. F. e Nakayama, P. T. “Sistemas de Suporte à Decisão em Recursos Hídricos.” *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 3(3), 73-95.
- BRASIL. Constituição Federal (1998). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1998. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em Junho de 2015.
- BRASIL. Decreto nº 26.643, de 10 de Julho de 1934. Decreta o Código das Águas. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: Maio de 2015.
- BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: Maio de 2015.
- BRASIL. Lei Federal nº 9.984, de 17 de Julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, e dá outras providências. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: Junho de 2015.
- BRASIL. Ministério das Cidades. *Panorama do saneamento básico no Brasil: elementos conceituais para o saneamento básico*. Brasília: Ministério das Cidades, 2011a. v.I.
- BRASIL. Ministério das Cidades. *Plano Nacional de Saneamento Básico: mais saúde com qualidade de vida e cidadania*. Brasília: Ministério das Cidades, 2014.
- Brigagão, E. N. **Integração de Análise Econômica e Financeira a Sistemas de Apoio a Decisão de Enquadramento, Outorga e Cobrança de Recursos Hídricos: Aplicação à Bacia de Barragem do Descoberto no Distrito Federal**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Cursos de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília. 2006.
- CAESB (2014). *Relatório Anual da Administração – PRP/PRPI/PPC*. Brasília.
- CAESB (2005) *Projeto Básico para ampliação dos sistemas de Abastecimento de água do Distrito Federal utilizando como Manancial o Lago Paranoá*. Brasília, Brasil.
- Campos, J. N. B.; Studart, T. M. C. e Da Costa, A. M. (2002). “Alocação e realocação do direito do uso da água: Uma proposta de modelo de mercado limitado no espaço” *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7(2), 1-12.

- Camurça, P. J. **Cálculo da precipitação média de forma automática pelo método de Thiessen e avaliação da precipitação na Bacia do Jaguaribe**. 2011. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará.
- Cardoso da Silva, L. M e Monteiro, R. A. “Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos: uma das possíveis abordagens”. *Gestão de Águas Doces/Carlos José Saldanha Machado (Organizador)*. Capítulo V, p. 135-178. - Rio de Janeiro: Interciência. 2004.
- Di Mauro, C. A. (2014). “Conflito pelo uso da água.” *Caderno Prudentino, volume especial* (36), 81-105.
- Ferrigo, S. **Análise da consistência dos parâmetros do modelo SWAT obtidos por calibração automática – Estudo de caso da bacia do lago Descoberto – DF**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Cursos de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília. 2014.
- Figuerola, F. E. V. **Suporte metodológico para a gestão estratégica de conflitos relacionados ao uso dos Recursos Hídricos**. 2007. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília. 2007.
- FUNCEME; DNOCS. *Manual do SIGA*. 2013. Ceará, Brasil. 104p.
- Getirana, A. C. V.; De Azevedo, J. P. S.; Magalhães, P. C. (2007). “Conflitos pelo Uso da Água no setor Agrícola no Norte Fluminense (I): Proposta de Soluções e Análise Através de Programação Linear”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **12**(2), 27-38.
- Gonçalves, T. D. **Recursos Hídricos no Distrito Federal: Modelagem Hidrológica para subsidiar a gestão sustentável na bacia do Ribeirão Pípiripau**. 2012. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas, Universidade de Brasília, Brasília.
- Machado, B. G. F. **Análise econômica aplicada à decisão sobre alocação de água entre os usos irrigação e produção de energia elétrica: O caso da bacia do Rio Preto**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Cursos de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília. 2009.
- Machado, C. J. S. (2003). “Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios*”. *Ambiente & Sociedade*, **6**(2), 122-138.
- Osório, A. L. N. A. (2011). **O uso do aplicativo AcquaNet no auxílio ao gerenciamento de Recursos Hídricos no Distrito Federal**. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.
- Peixoto, L. S.; Mauad, F. F. (2003). “Estudo de Conflito de Usos Múltiplos da Água Utilizando Simulação Computacional”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **8**(4), 209-215.
- Porto, R. I.; Azevedo, L. G. T. Sistemas de Suporte a Decisões Aplicados a Problemas de Recursos Hídricos. In: Porto, R. L. *Técnicas quantitativas para o gerenciamento de Recursos Hídricos*. II. Universidade-UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997.43-95.
- Ramos, M. *Gestão de Recursos Hídricos e Cobrança pelo uso da Água*. 2007. 61 p. Artigo Acadêmico – Escola Brasileira de Administração Pública, FGV, 2007.
- RIDE-SAB (2015). Universidade de Brasília. *Diagnóstico preliminar do Saneamento Básico da Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) DF e Entorno*. Brasília, 2015. 22p.
- Silveira, G. L.; Robaina, A. D.; Giotto, E. (1998). “Outorga para uso dos Recursos Hídricos: Aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **3**(3), 5-16.

- Sousa Pinto, N. L.; Holtz, A. C. T.; Martins, J. A. *Hidrologia Básica*. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1976. 278 p
- Tucci, C. E. M.; Hespanhol, I. e Cordeiro Netto, O. M. (2000). “Cenários da gestão da água no Brasil: Uma contribuição para a “visão mundial da água”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **5**(3), 31-34.
- Vieira, Z. M. C. L e Ribeiro, M. M. R. (2005). “Análise de Conflitos: Apoio à Decisão no Gerenciamento da Demanda Urbana de Água.” *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **10**(3), 23-35.
- Villela, S. M.; Matos, A. *Hidrologia Aplicada*, São Paulo: Mc Graw-hill do Brasil. 1975.
- Von Sperling, M. (1998). “Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d’água e de lançamento de efluentes líquidos”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **3**(1), 111-132.

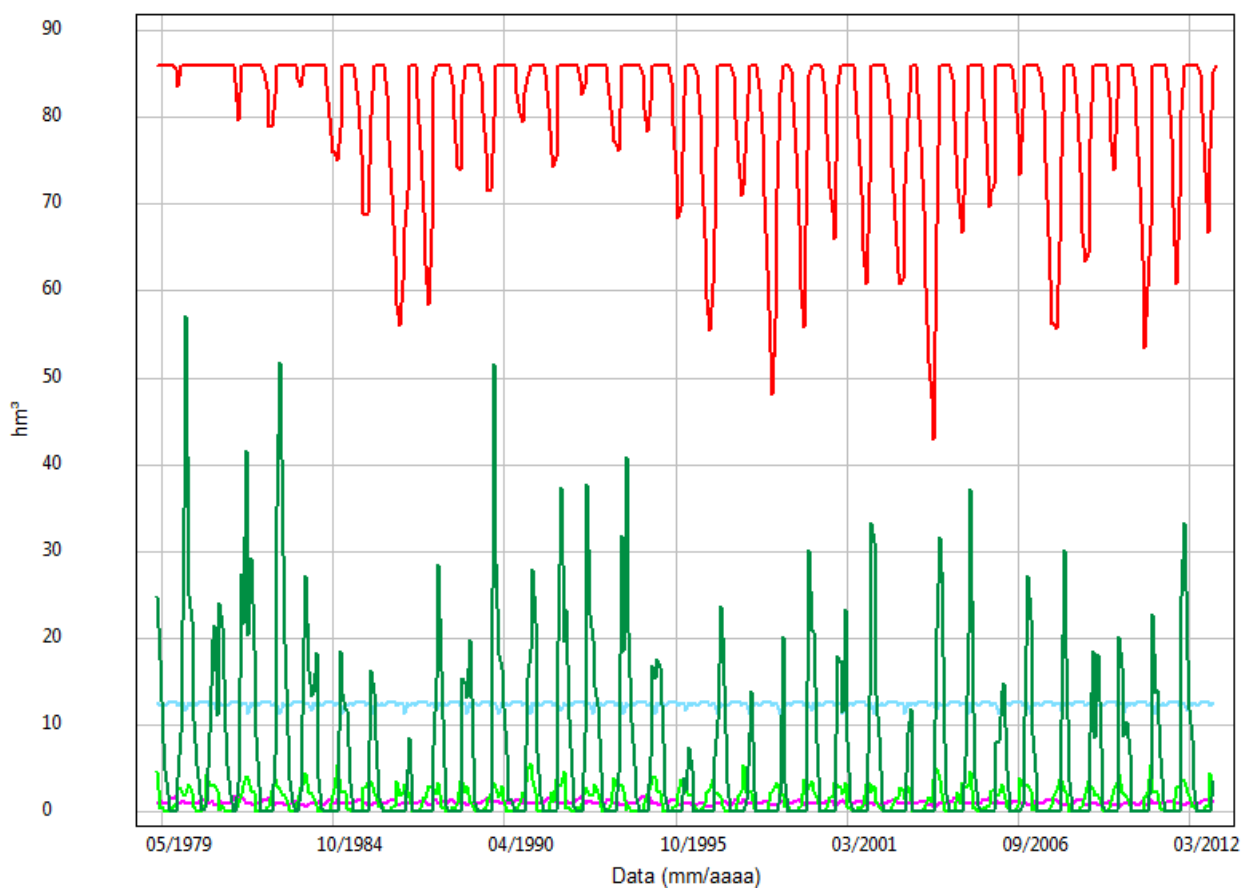
APÊNDICE A – RESULTADO DAS SIMULAÇÕES NO SIGA

Como forma a viabilizar a visualização dos resultados, alguns gráficos não possuem a legenda interna. Consta na figura a seguir a legenda que foi adotada na construção de todos os gráficos deste apêndice.



Legenda dos gráficos de Balanço hídrico do reservatório Descoberto

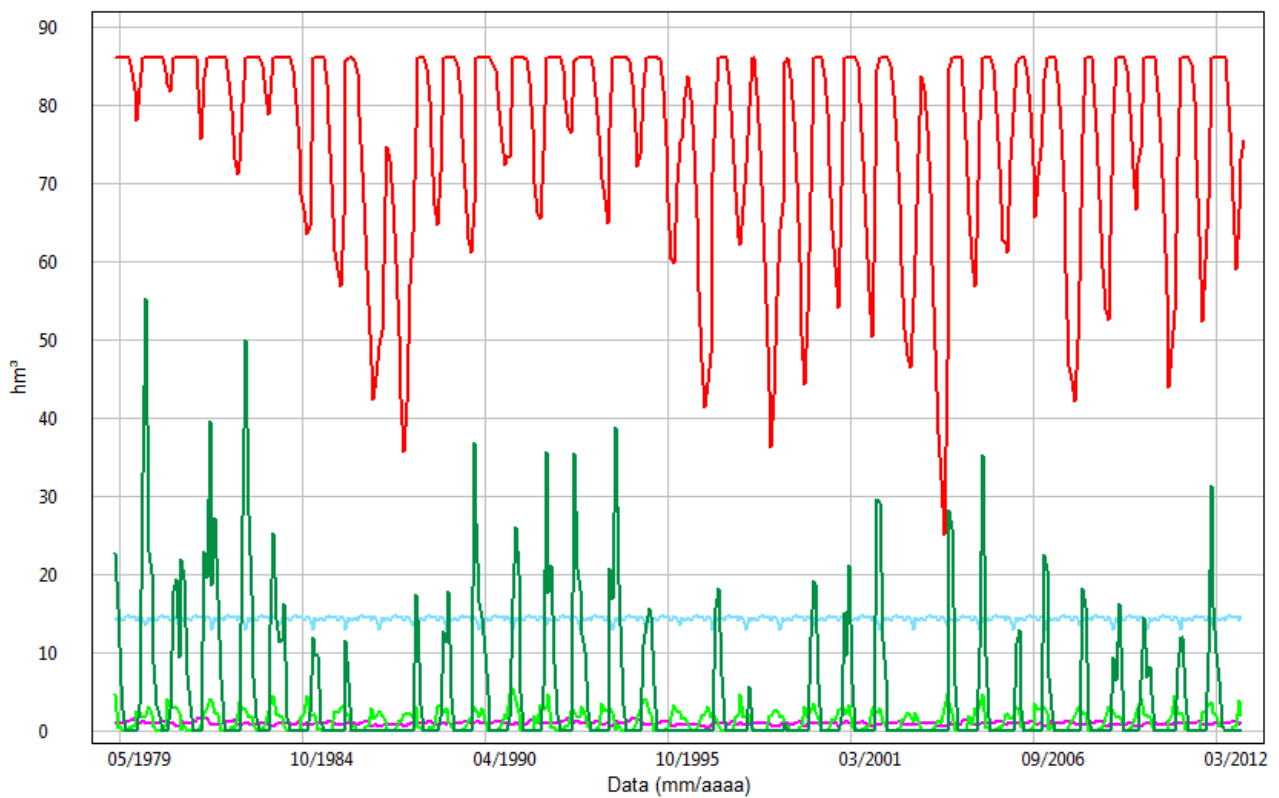
CENÁRIOS PARA O DF NO ANO DE 2020



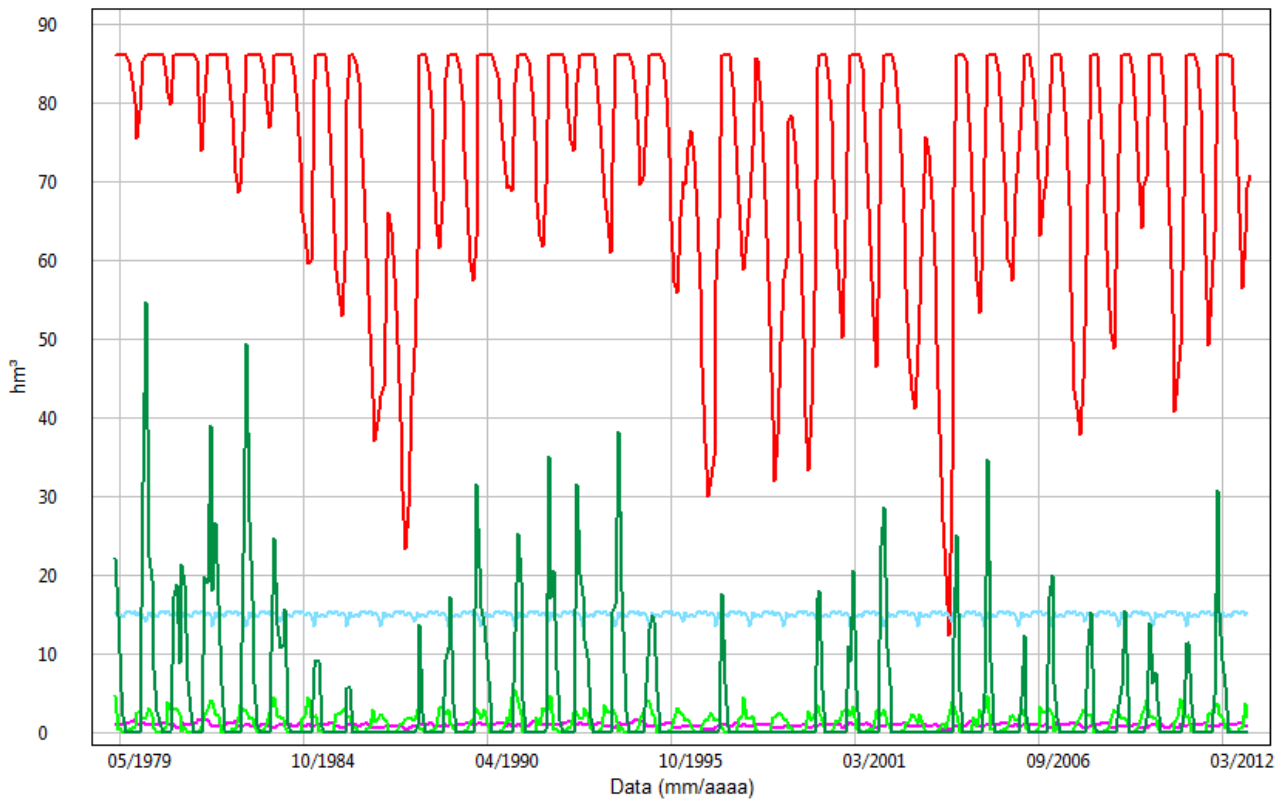
Balanço Hídrico no Descoberto em 2020 – Cenário tendencial



Balanço Hídrico no Descoberto em 2020 – Cenário tendencial com gestão

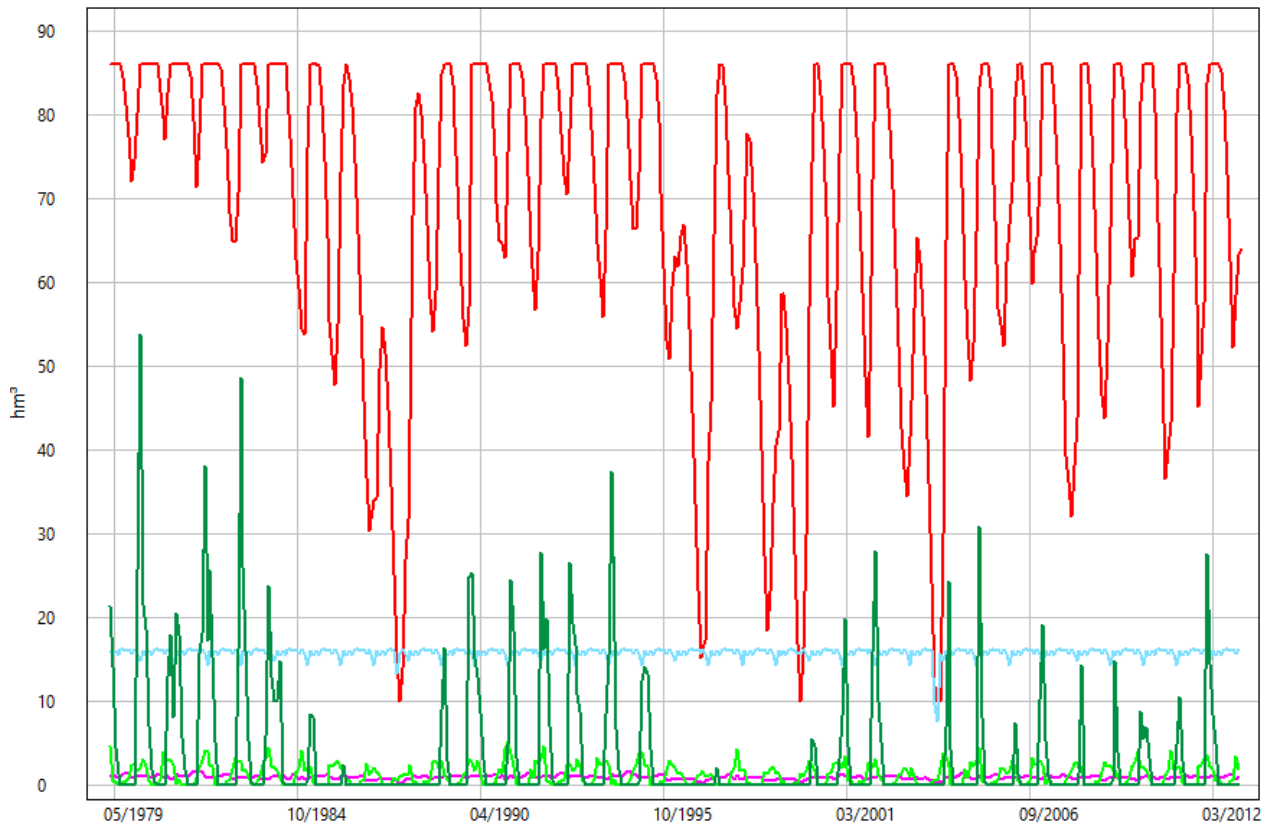


Balanço Hídrico no Descoberto em 2020 – Cenário de Maior desenvolvimento econômico com gestão

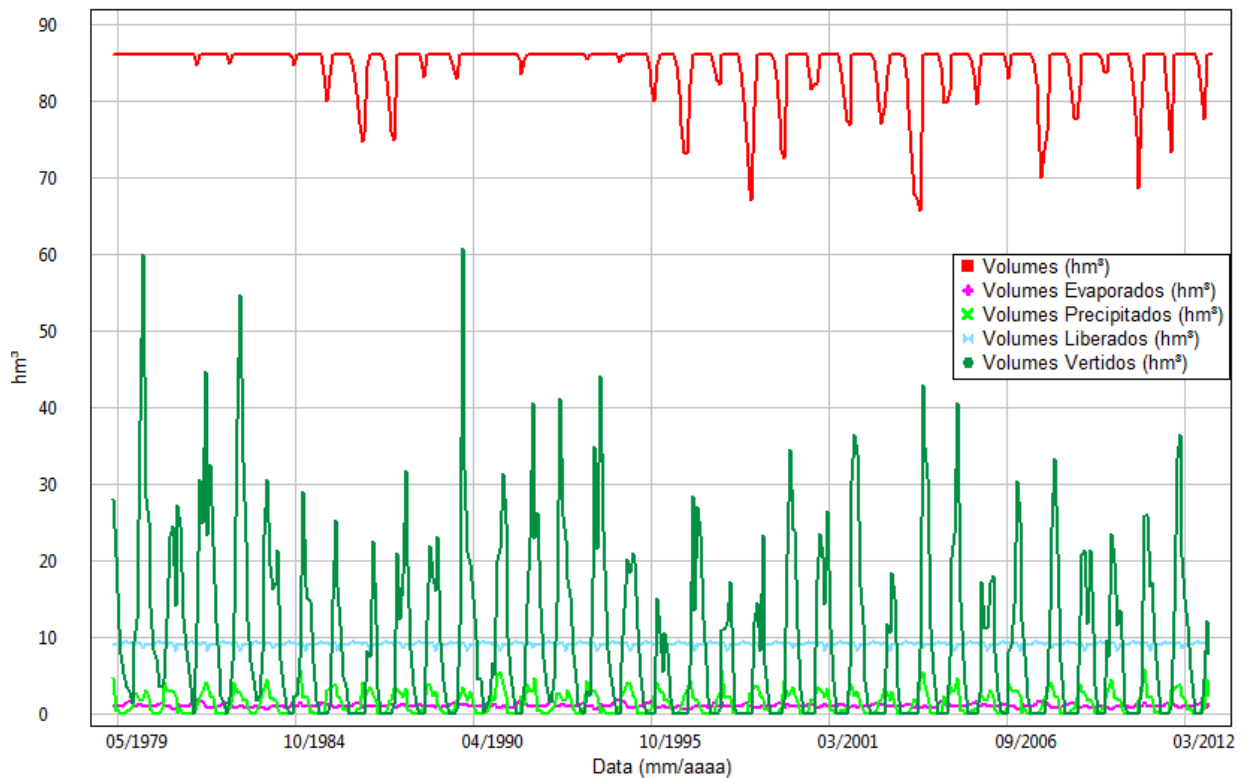


Balanço Hídrico no Descoberto em 2020 – Cenário com Maior desenvolvimento econômico

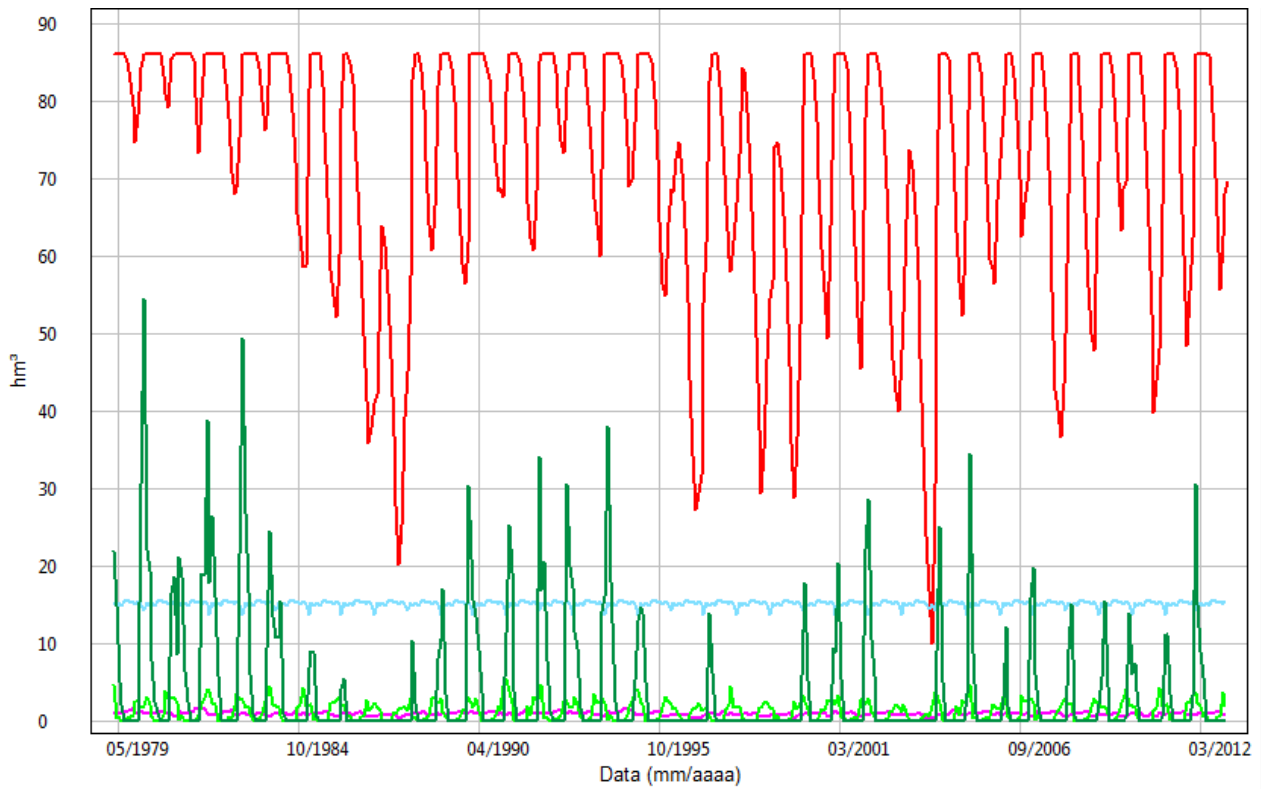
CENÁRIOS PARA O DF NO ANO DE 2030



Balanço Hídrico no Descoberto em 2030 – Cenário tendencial



Balanço Hídrico no Descoberto em 2030 – Cenário tendencial com gestão

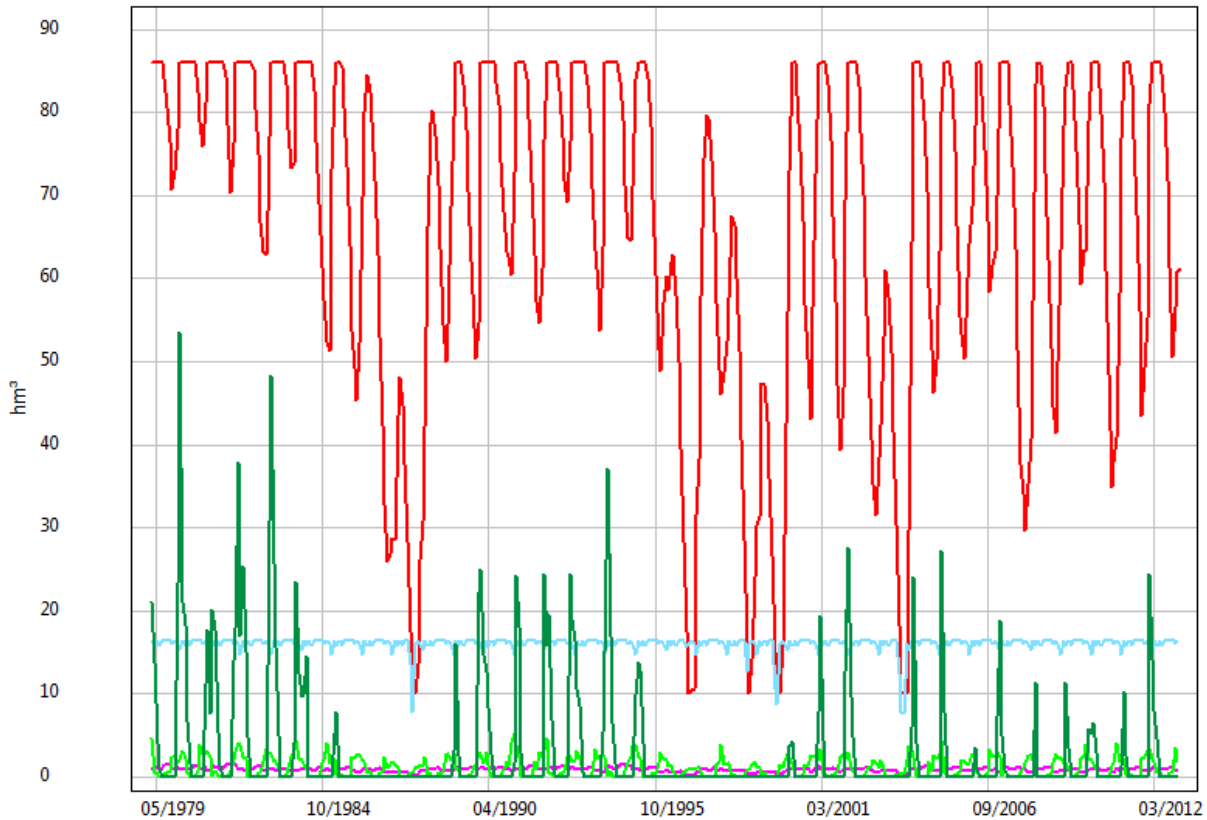


Balanço Hídrico no Descoberto em 2030 – Cenário de Maior desenvolvimento econômico

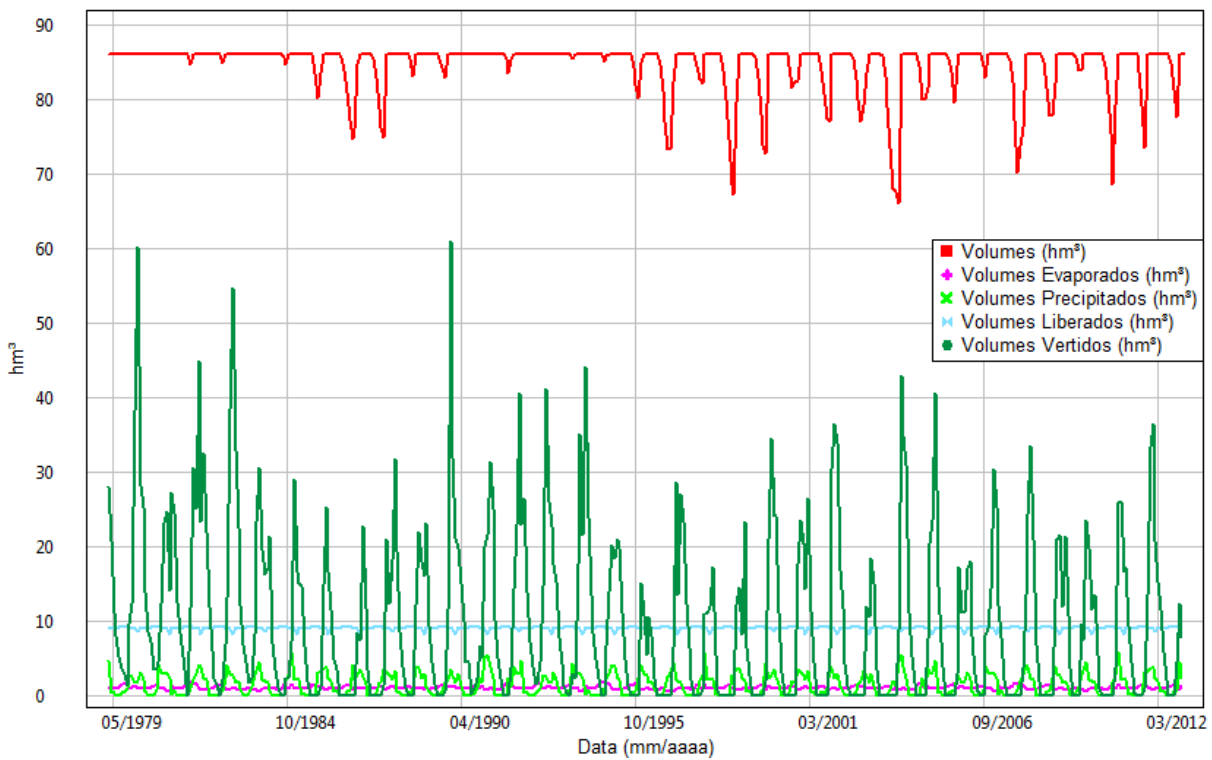


Balanço Hídrico no Descoberto em 2030 – Cenário de Maior desenvolvimento econômico com gestão

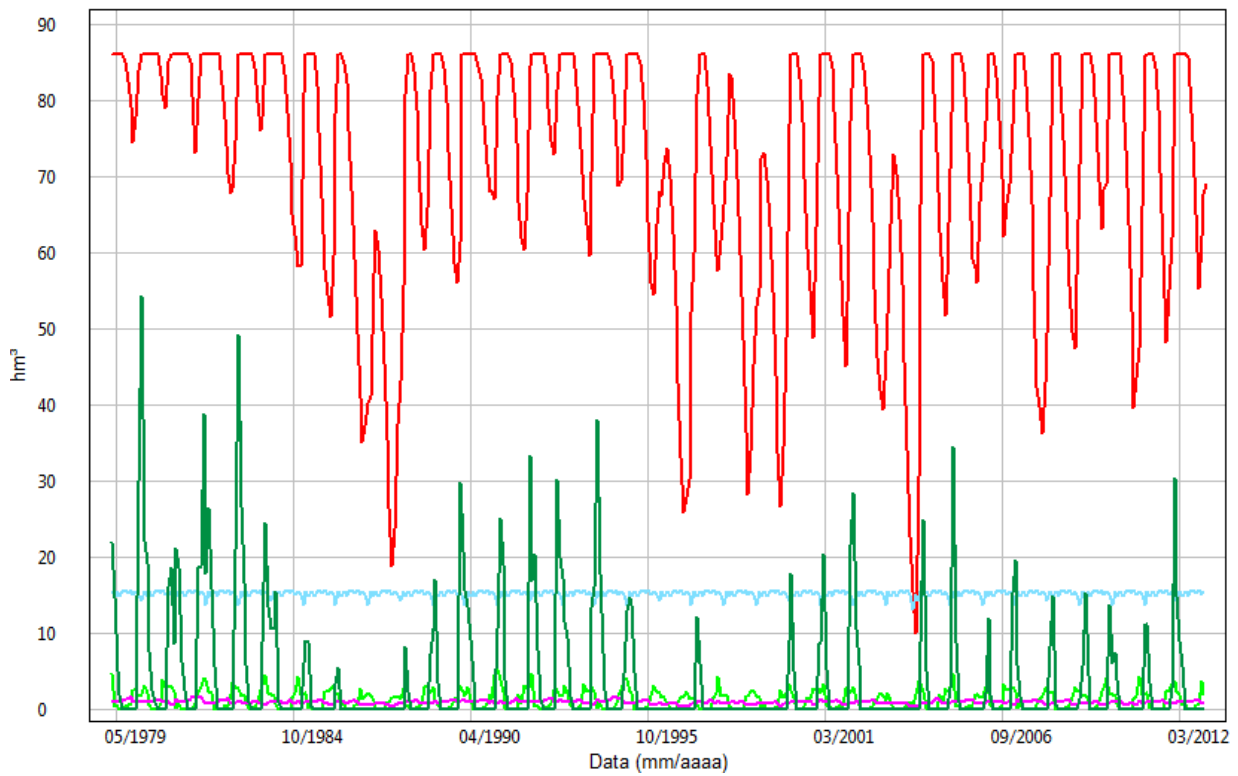
CENÁRIOS PARA O DF NO ANO DE 2035



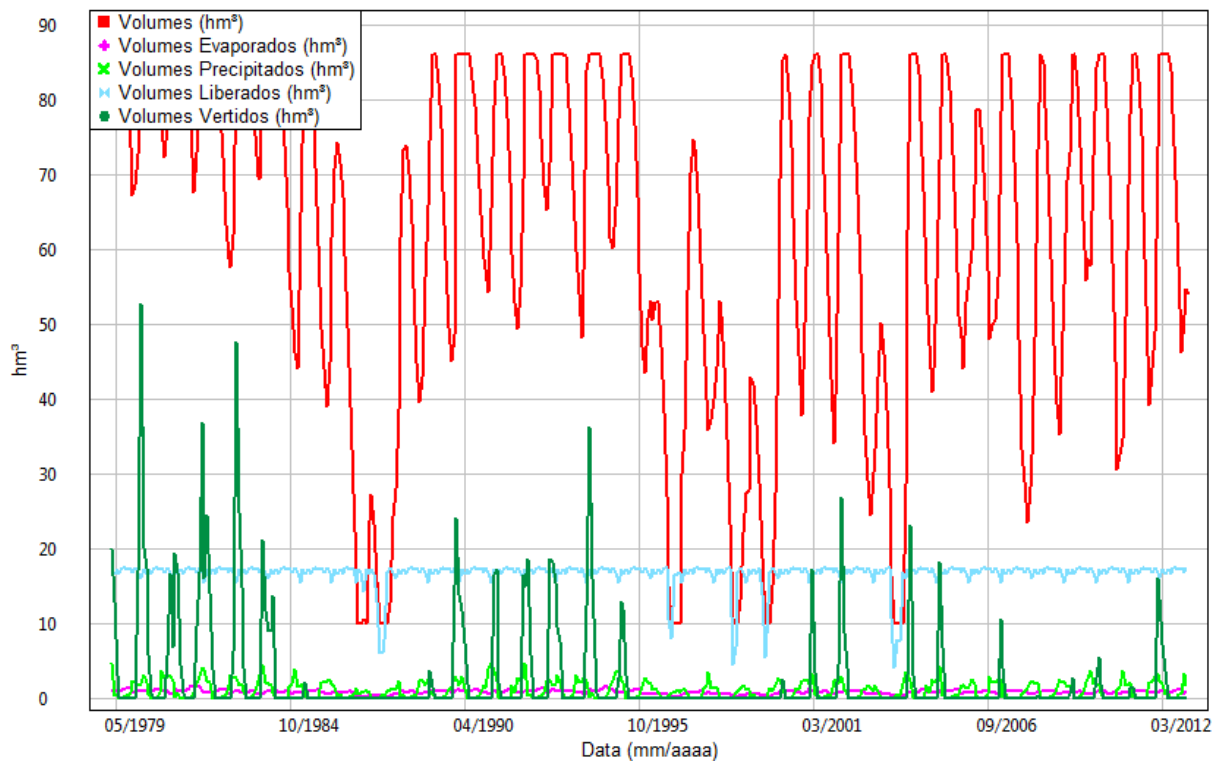
Balanço Hídrico no Descoberto em 2035 – Cenário tendencial



Balanço Hídrico no Descoberto em 2035 – Cenário tendencial com gestão

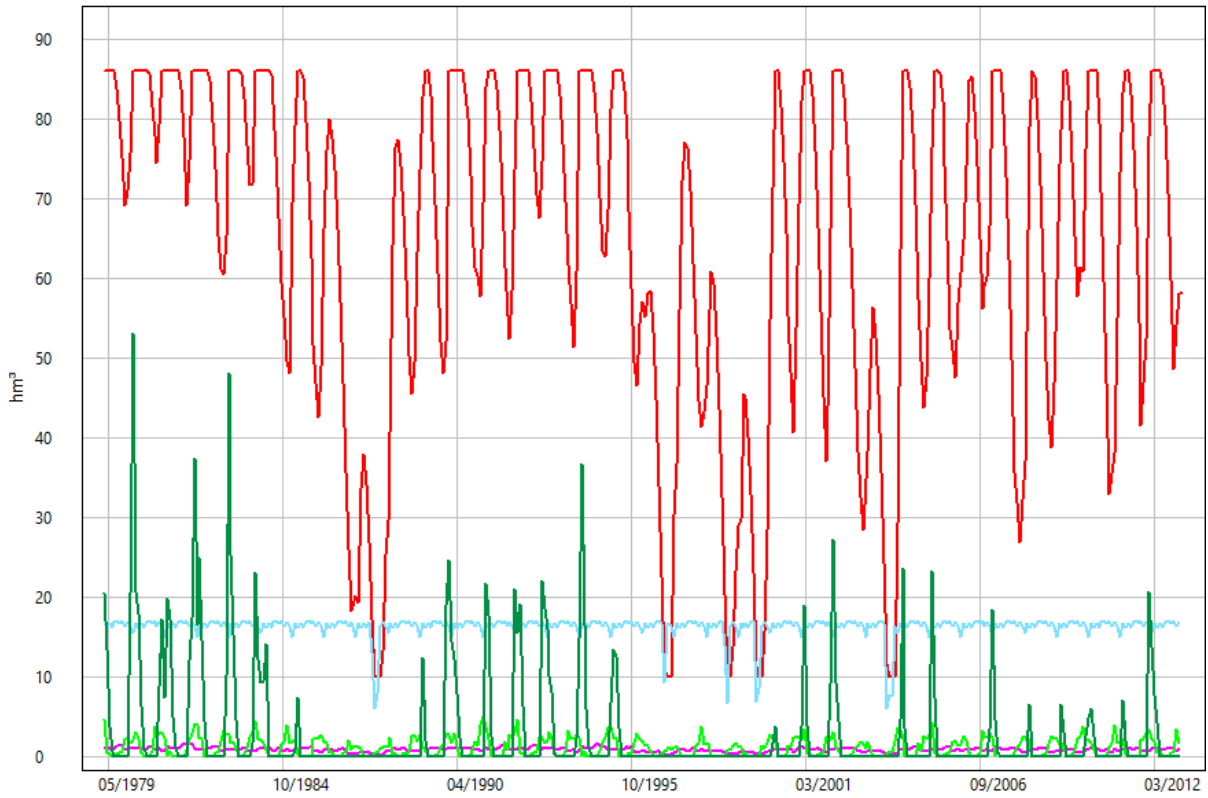


Balanço Hídrico no Descoberto em 2035 – Cenário de Maior desenvolvimento econômico com gestão

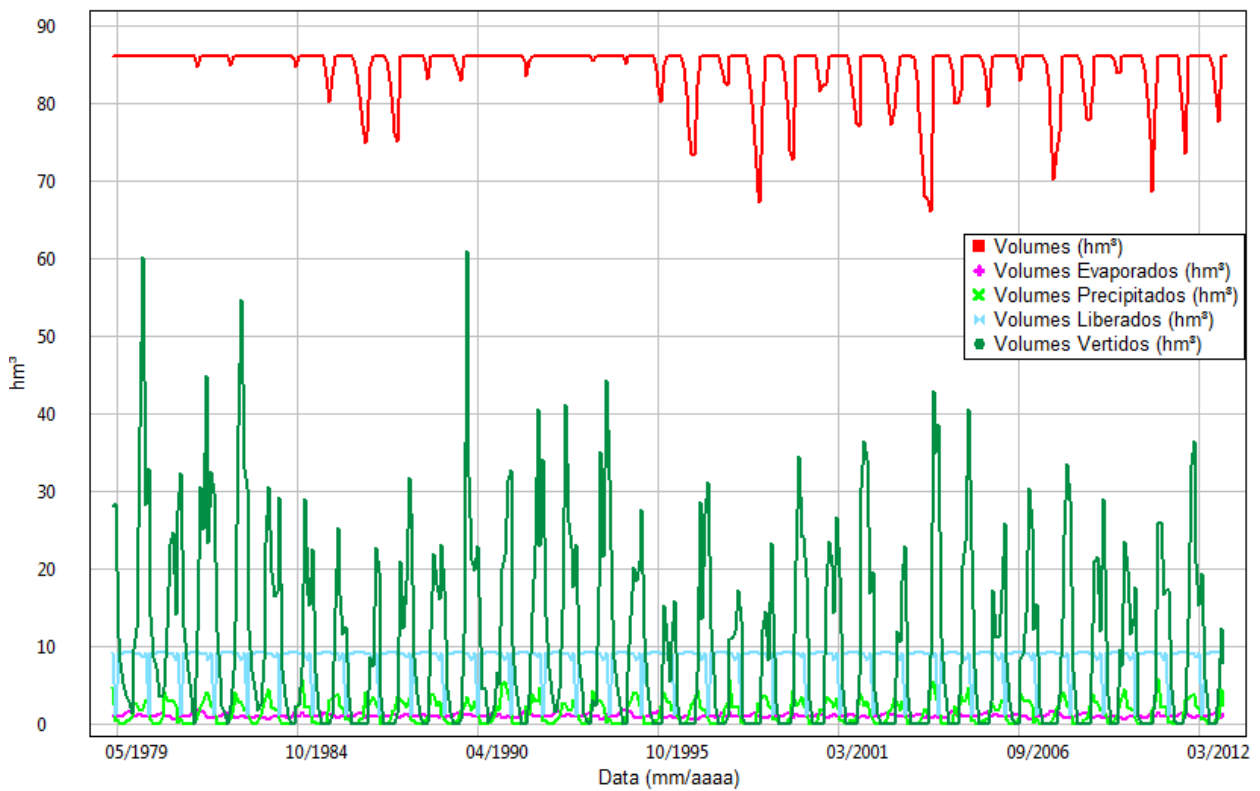


Balanço Hídrico no Descoberto em 2035 – Cenário de Maior desenvolvimento econômico

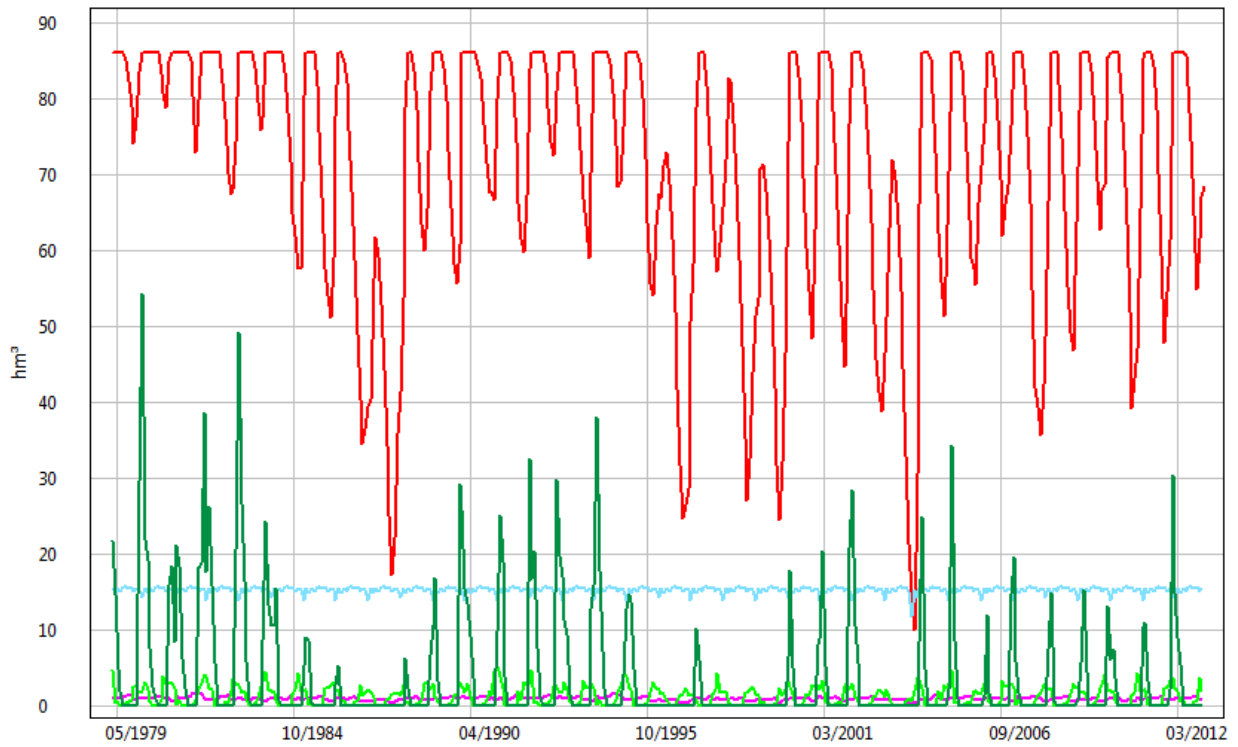
CENÁRIOS PARA O DF NO ANO DE 2040



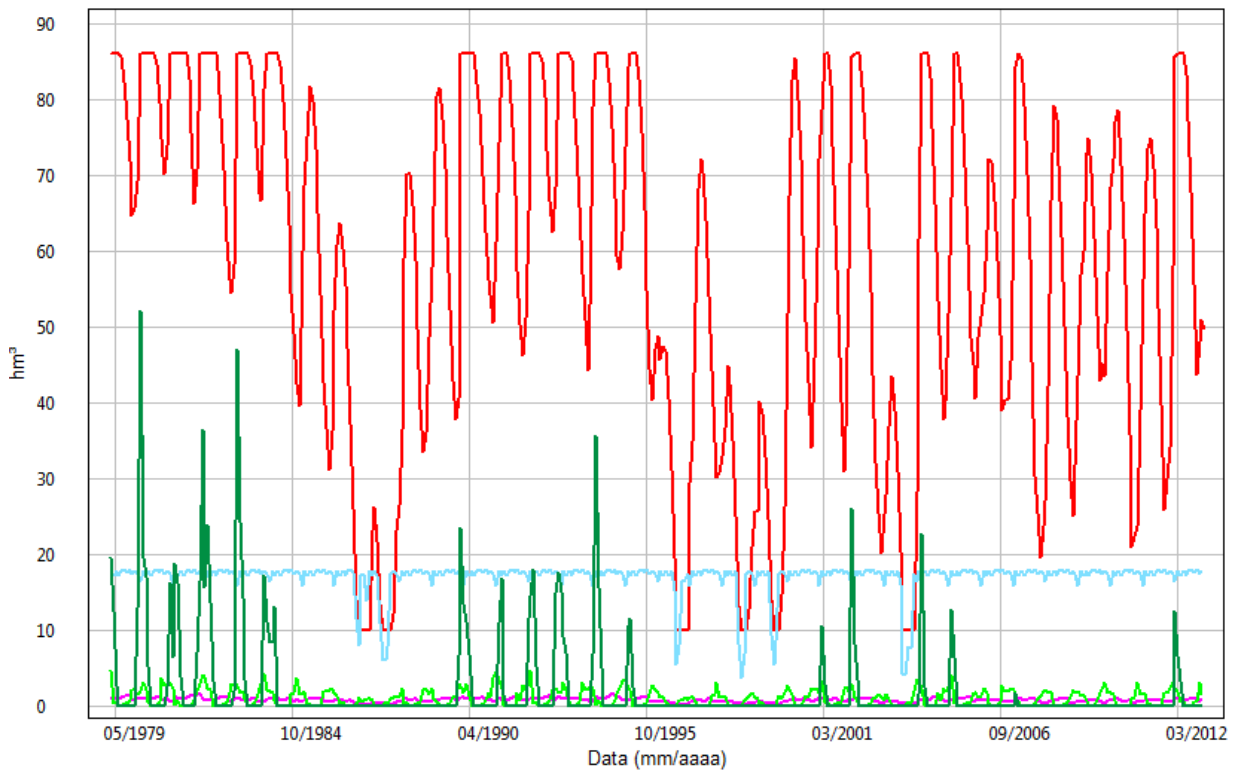
Balanço Hídrico no Descoberto em 2040 – Cenário tendencial



Balanço Hídrico no Descoberto em 2040 – Cenário tendencial com gestão

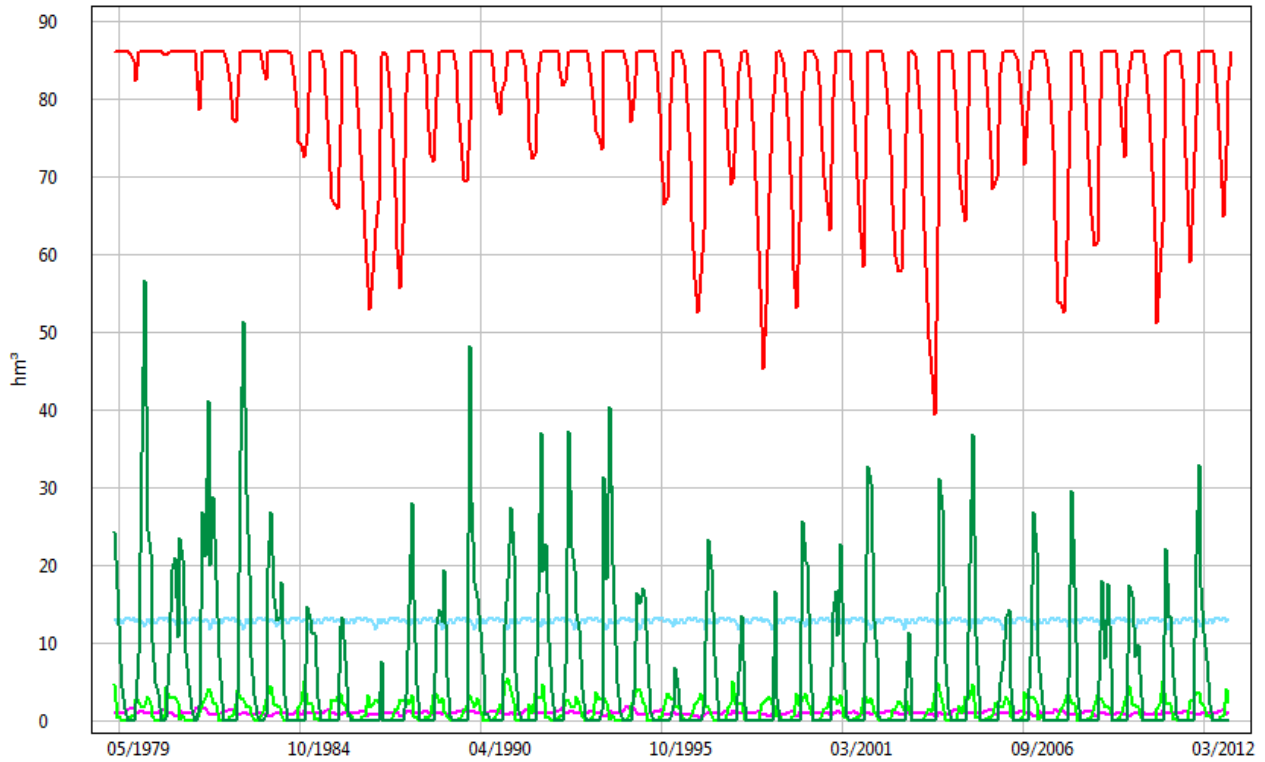


Balanço Hídrico no Descoberto em 2040 – Cenário de Maior desenvolvimento econômico com gestão

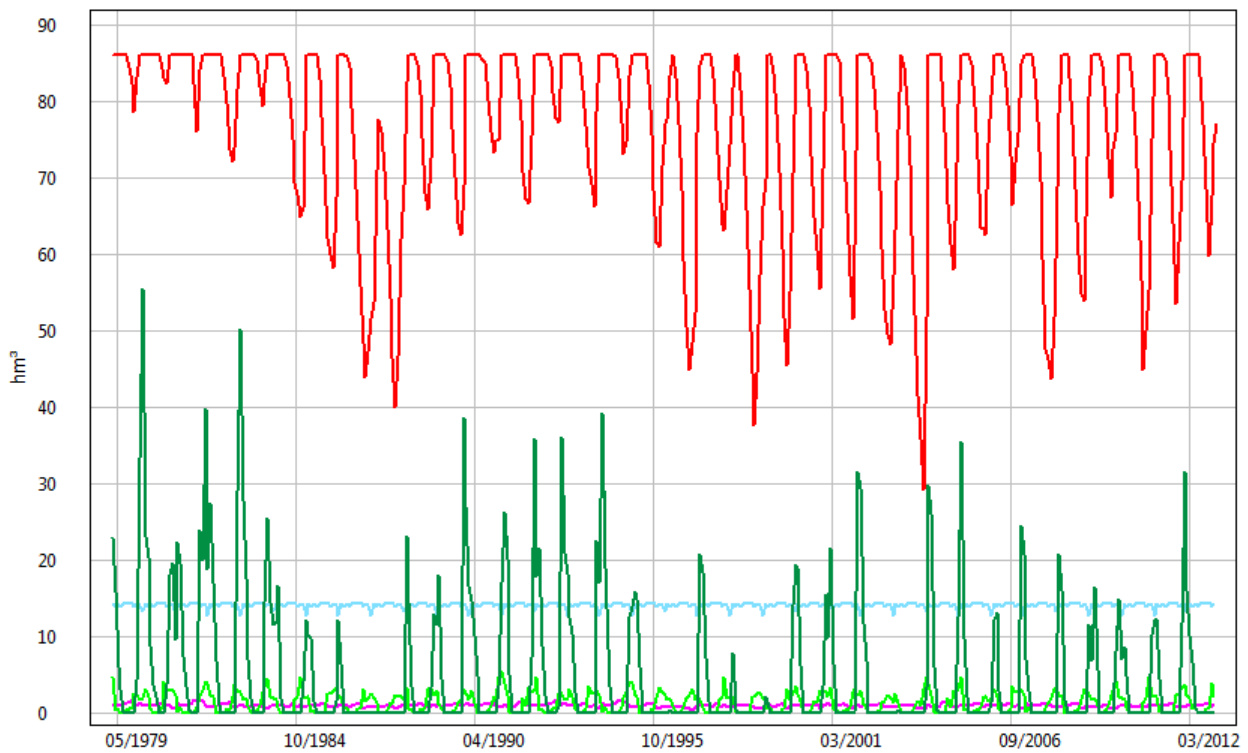


Balanço Hídrico no Descoberto em 2040 – Cenário de Maior desenvolvimento econômico

CENÁRIOS PARA RIDE EM 2035

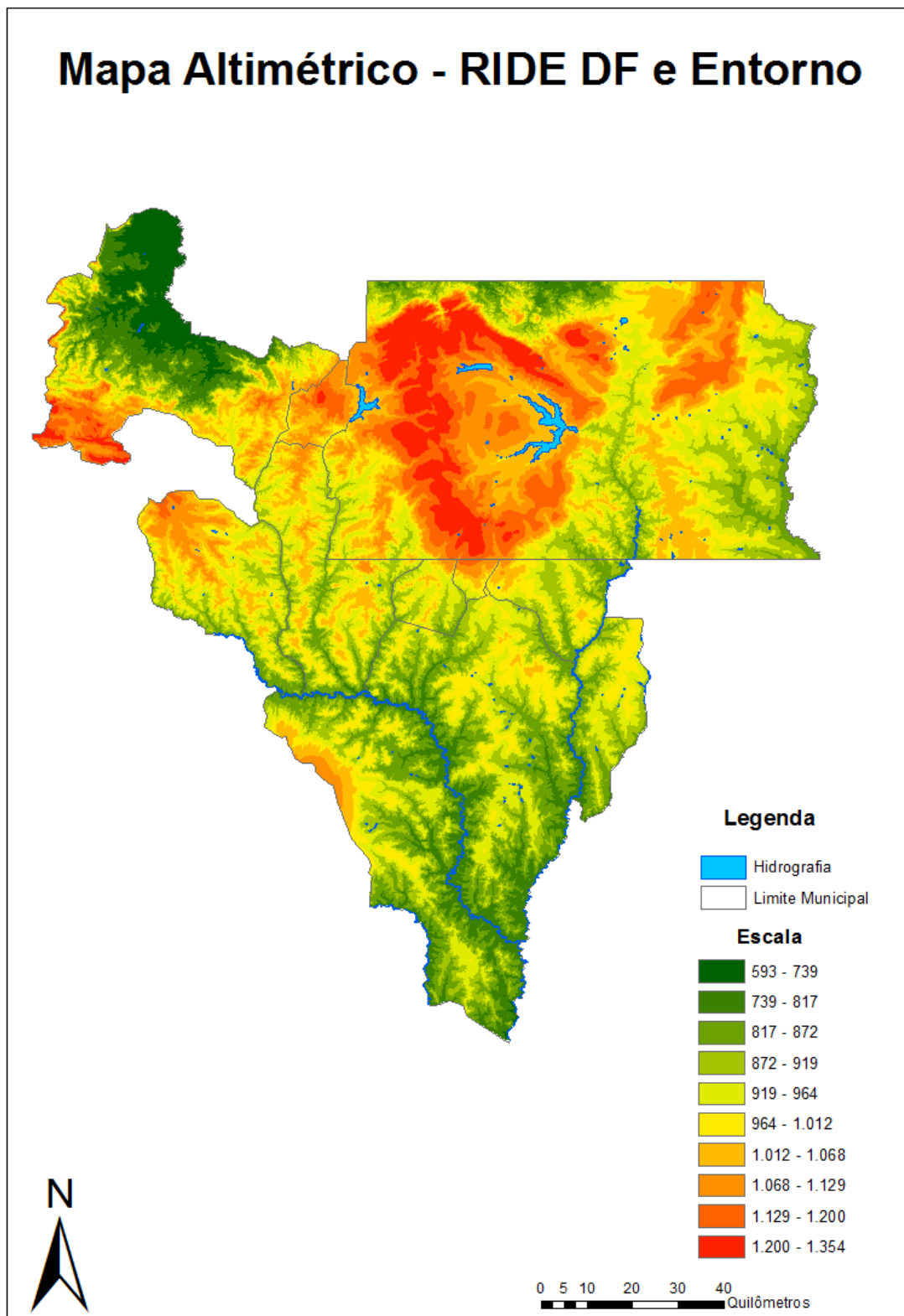


Balanço Hídrico no Descoberto em 2035 – Cenário de Maior desenvolvimento econômico com gestão

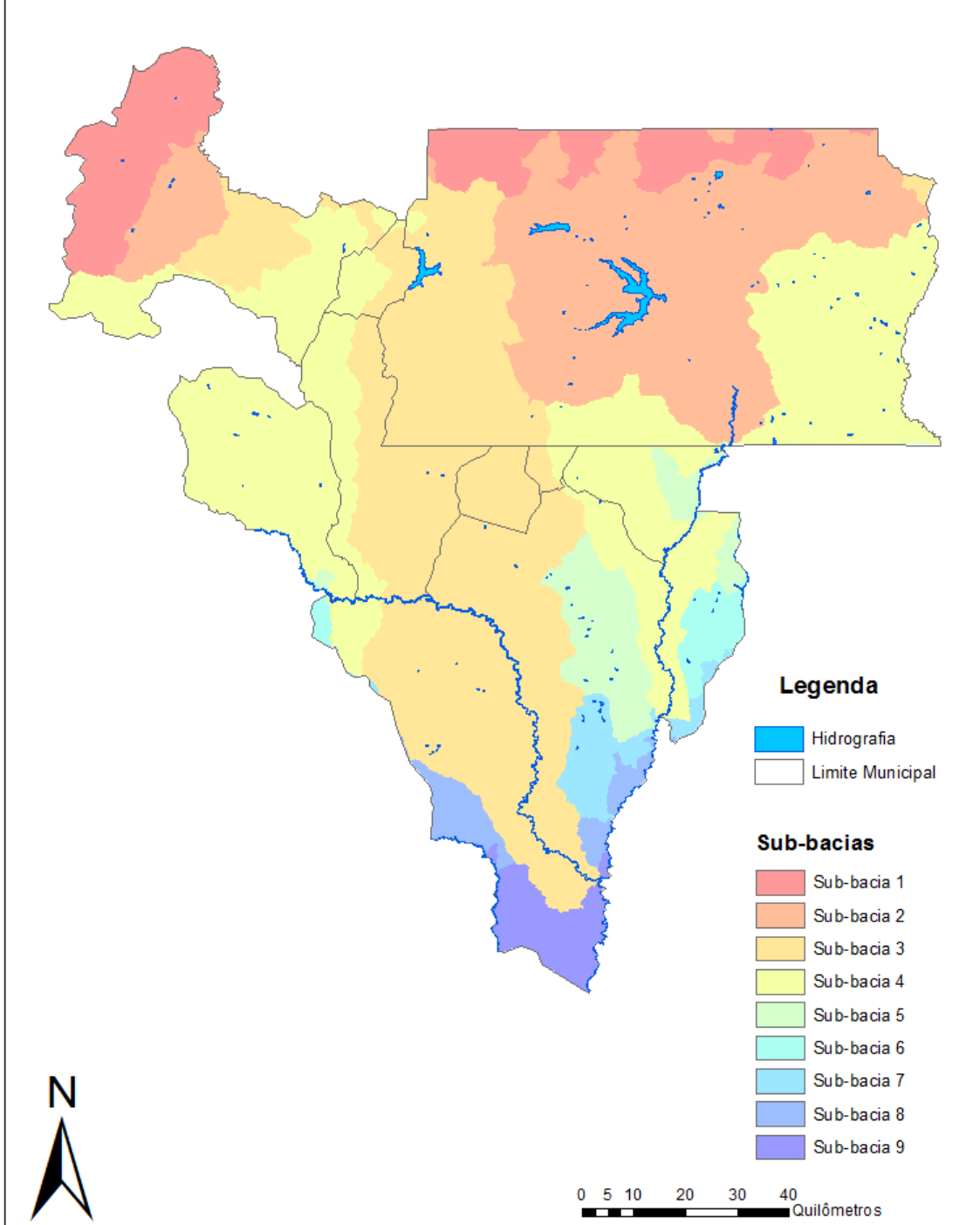


Balanço Hídrico no Descoberto em 2035 – Cenário de Maior desenvolvimento econômico

Mapa Altimétrico - RIDE DF e Entorno



Mapa Hidrográfico - Sub-bacias RIDE DF e Entorno



ANEXOS – DADOS HIDROLÓGICOS

Cota x Área x Volume do Descoberto. Fonte: Magna (2003, apud, Brigagão, 2006)










Cota (m)	Área (ha)	Volume (hm ³)	Obs
1.013	10,19	0,11	
1.014	22,02	0,27	
1.015	46,64	0,64	
1.016	102,28	1,33	Volume Morto
1.017	159,18	2,6	
1.018	219,52	4,47	
1.019	273,68	6,95	
1.020	336,4	9,97	
1.021	412,94	13,7	
1.022	494,21	18,24	
1.023	584,1	23,625	Volume Útil
1.024	670,8	29,91	
1.025	740,33	36,98	
1.026	825,34	44,78	
1.027	917,11	53,51	
1.028	1.023,5	63,19	
1.029	1.141,2	74,01	
1.030	1.255,34	85,99	
1.030,5	1.315	92,56	
1.031	1.374,6	99,13	
1.031,5	1.426,35	106,27	
1.032	1.478,1	113,41	

Informações dos Afluentes ao Descoberto no Hidroweb








Código	Nome	Bacia	Rio	Estado	Responsável	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (km²)
60435000	Descoberto – Chácara 89	Rio Paraná	Descoberto	DF	CAESB	-15:42:27		113,23
60435200	Rodeador – DF 435	Rio Paraná	Rodeador	DF	CAESB	-15:43:30	-48:10:6	111,96
60435100	Chapadinha – Aviário – DF 180	Rio Paraná	Chapadinha	DF	CAESB	-15:41:58	-48:12:42	20,13
60435150	Olaria – DF 080	Rio Paraná	Córrego Olaria	DF	CAESB	-15:42:31	-48:11:58	12,12
60435400	Ribeirão das Pedras (DF-180)	Rio Paraná	Ribeirão das Pedras	DF	CAESB	-15:45:39	-48:9:36	76,15
60435300	Capão Comprido – Descoberto	Rio Paraná	Capão Comprido	DF	CAESB	-15:44:46	-48:9:47	15,51

APÊNDICE C – GLOSSÁRIO DA REDE DE FLUXO PARA O SISTEMA INDIVIDUAL E CONSORCIADO

Descrição dos Componentes do Sistema do Distrito Federal

SIGLA	Representação	Nó Dependente	Nó Precedente	Símbolo
Descoberto	Lago Descoberto	Qecológica; ETADescoberto	-	
Qecológica	Vazão Ecológica do Descoberto	-	Descoberto	
RAsDF	Regiões Administrativas de maior Prioridade	-	ETADescoberto	
RecantoE	Recanto das Emas	-	ETADescoberto	
RFundoII	Riacho Fundo II	-	ETADescoberto	
RAGama	Gama	-	ETADescoberto	
RASantaM	Santa Maria	-	ETADescoberto	
RFundoI	Riacho Fundo I	-	ETADescoberto	
ETADescoberto	ETA Descoberto	RAsDF; RecantoE; RFundoII; RGama; RASantaM; RFundoI	Descoberto	

Descrição dos componentes do Sistema Consorciado da porção Sul e Sudoeste do DF

SIGLA	Representação	Nó Precedente	Nó Dependente	Símbolo
CorumbaIV	Lago Corumbá IV	Descoberto	Novo Gama; Cid Ocidental; QecoIV; Qturb; Valparaiso; Luziania; ETADescoberto	
QecoIV	Vazão Ecológica do Corumbá IV	CorumbaIV	-	
Qturb	Vazão turbinada do Corumbá IV	CorumbaIV	-	
ETADescoberto	Regiões Administrativas do DF abastecidas pelo Descoberto	CorumbaIV; Descoberto	-	
Novo Gama	Município de Novo Gama – GO	CorumbaIV		
Cid Ocidental	Município de Cidade Ocidental – GO	CorumbaIV		
Valparaiso	Município de Valparaíso de Goiás - GO	CorumbaIV		

Descrição dos componentes do Sistema Consorciado da Porção Oeste do Distrito Federal

SIGLA	Representação	Nó Precedente	Nó Dependente	Símbolo
AGLindas	Município de Águas Lindas de Goiás - GO	Descoberto	-	◆
Cocalzinho	Município de Cocalzinho de Goiás - GO	Descoberto	-	◆
SATDesc	Município de Santo Antônio do Descoberto - GO	Descoberto	-	◆