

**EDITAL 05/2017**

**Projeto de Cooperação Técnica Internacional**

**PROJETO UNESCO 914BRZ2016**

**MODELAGEM HIDROLÓGICA DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS  
DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO  
ALTO DESCOBERTO**

Contrato: ADASA/UNESCO  
914BRZ2016 – Edital 05/17

Produto: 02/06

Data: Janeiro/2018 – REV\_02

Consultor: Patrícia Monteiro CREA 7675/D – MT  
Equipe executora: Sara Ferrigo

## INDICE

<b>1 - APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2 - OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
<b>3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
3.1 - HIDROGRAMA.....	6
3.1.1 - <i>Escoamento Superficial</i> .....	7
3.1.2 - <i>Escoamento Sub-superficial</i> .....	7
3.1.3 - <i>Escoamento de Base</i> .....	7
3.2 – MODELO SWAT .....	8
3.2.1 - <i>Visão Geral</i> .....	8
3.2.2 - <i>Estrutura do modelo SWAT</i> .....	10
3.2.3 - <i>Caracterização e equacionamento</i> .....	11
3.2.4 - <i>Parâmetros do Modelo SWAT</i> .....	15
3.3 - CALIBRAÇÃO DE MODELOS HIDROLÓGICOS.....	22
<b>4 - CARACTERIZAÇÃO HIDROGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>26</b>
<b>5 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....</b>	<b>32</b>
<b>6 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E NORMAIS CLIMATOLÓGICAS .....</b>	<b>37</b>
<b>7 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA .....</b>	<b>43</b>
<b>8 - CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA .....</b>	<b>44</b>
<b>9 - DISPONIBILIDADE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS .....</b>	<b>47</b>
<b>10 - DISPONIBILIDADE DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS.....</b>	<b>53</b>
10.1 - PREENCHIMENTO DE FALHAS.....	55
10.2 - DISPONIBILIDADE FLUVIOMÉTRICA PARA BACIAS MONITORADAS .....	56
10.2.1 - <i>SUB BACIA DO Córrego Descoberto</i> .....	56
10.2.2 - <i>SUB BACIA DO Córrego Rodeador</i> .....	63
10.2.3 - <i>SUB-BACIA DO Córrego Chapadinha</i> .....	70
10.2.4 - <i>SUB-BACIA DO Córrego Olaria</i> .....	77
10.2.5 - <i>SUB-BACIA DO Córrego Capão Comprido</i> .....	83
10.2.6 - <i>SUB BACIA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS</i> .....	90
10.3 – DISPONIBILIDADE FLUVIOMÉTRICA PARA BACIAS NÃO MONITORADAS .....	96
10.3.1 - <i>SUB BACIA Córrego Buriti Chato</i> .....	96
10.3.2 - <i>SUB BACIA DO Córrego Coqueiros</i> .....	98
10.3.3 - <i>SUB BACIA Córrego do Meio</i> .....	101
10.3.4 - <i>SUB BACIA DO Córrego Rocinha DF</i> .....	103
<b>11 - DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DO ESCOAMENTO DE BASE .....</b>	<b>106</b>
11.1 - SUB-BACIA DO RIO DESCOBERTO.....	108
11.2 - SUB-BACIA DO Córrego Chapadinha .....	111
11.3 - SUB-BACIA DO Córrego Olaria .....	113
11.4 - SUB-BACIA DO RIBEIRÃO RODEADOR.....	115
11.5 - SUB-BACIA DO Córrego Capão Comprido .....	117
11.6 - SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS.....	119

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

<b>12 -</b>	<b>AVALIAÇÃO DA MODELAGEM.....</b>	<b>122</b>
12.1 -	HIDROGRAMAS SEM USO DA ÁGUA .....	123
12.2 -	HIDROGRAMAS COM USO DA ÁGUA CORRESPONDENTE ÀS OUTORGAS.....	130
12.3 -	HIDROGRAMAS COM USO DA ÁGUA CORRESPONDENTE ÀS DEMANDAS .....	139
<b>13 -</b>	<b>ANÁLISE DE SENSIBILIDADE .....</b>	<b>147</b>
13.1 -	SUB-BACIA DO RIO DESCOBERTO .....	152
13.2 -	SUB-BACIA DO RIBEIRÃO RODEADOR.....	156
13.3 -	SUB-BACIA DO CÓRREGO CAPÃO COMPRIDO .....	159
13.4 -	SUB-BACIA DO CÓRREGO OLARIA .....	162
13.5 -	SUB-BACIA DO CÓRREGO CHAPADINHA .....	164
13.6 -	SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS.....	167
<b>14 -</b>	<b>CALIBRAÇÃO DO MODELO SWAT .....</b>	<b>171</b>
14.1 -	SUB-BACIA DO RIO DESCOBERTO .....	171
14.2 -	SUB-BACIA DO CÓRREGO OLARIA.....	176
14.3 -	SUB-BACIA DO CÓRREGO CHAPADINHA .....	179
14.4 -	SUB-BACIA DO RIBEIRÃO RODEADOR.....	182
14.5 -	SUB-BACIA DO CÓRREGO CAPÃO COMPRIDO .....	183
14.6 -	SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS.....	186
14.7 -	SUB-BACIAS NÃO MONITORADAS .....	189
<b>15 -</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>195</b>
<b>16 -</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>196</b>

## 1 - APRESENTAÇÃO

O presente documento tem como objeto o **Produto 2 - Estudo técnico sobre as disponibilidades do recurso hídrico na bacia do Alto Rio Descoberto**. Este é um produto de um acordo de cooperação assinado entre a UNESCO e a ADASA, dentro do **Projeto 914BRZ2016**, Edital no. 005/2017 – Republicação.

## 2 - OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma avaliação sobre a disponibilidade de recursos hídricos superficiais referentes a bacia hidrográfica do Alto Descoberto. São apresentados ainda levantamentos referentes ao uso e ocupação do solo e tipo de solo na bacia, além de uma caracterização geral da bacia hidrográfica de estudo. Dessa forma, são objetivos deste produto:

- Apresentação do uso e ocupação do solo;
- Caracterização climática da bacia hidrográfica;
- Levantamento das estações pluviométricas;
- Levantamento das estações fluviométricas;
- Determinação das vazões médias mensais para as estações fluviométricas levantadas;
- Determinação das vazões máximas médias mensais para as estações fluviométricas levantadas;
- Determinação das vazões mínimas médias mensais para as estações fluviométricas levantadas;
- Determinação das curvas de permanência para as vazões médias mensais das estações fluviométricas levantadas;
- Determinação e análise do escoamento de base;
- Determinação do volume de descarga subterrânea das sub-bacias;
- Avaliação da modelagem inicial com e sem outorgas;
- Caracterização da sensibilidade do modelo à diversos parâmetros;
- Calibração do modelo hidrológicos para as sub-bacias individualmente;
- Determinação de volume de base e volume total.

### 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 - Hidrograma

Hidrograma é uma representação gráfica da variação quantitativa do fluxo de água (descarga) em relação ao tempo (ASCE 1996).

A distribuição da vazão no tempo é resultado da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico entre a ocorrência da precipitação e a vazão na bacia hidrográfica (Tucci 2012). Então o hidrograma reflete a influência desses processos hidrológicos, como a precipitação antecedente, infiltração, evaporação, evapotranspiração, à bacia hidrográfica.

Verifica-se que após o início da chuva, existe um intervalo de tempo em que o nível começa a elevar-se. Esse tempo de atraso de resposta deve-se às perdas iniciais por interceptação vegetal e depressões do solo, além do próprio retardo de resposta da bacia devido ao tempo de deslocamento da água na mesma.

Mosley e McKerchar (1992) definem que a vazão de um rio é gerada pela combinação de três componentes básicos: (1) fluxo de base (fluxo de água proveniente do subsolo); (2) fluxo sub-superficial (interflow - escoamento rápido sub-superficial por poros e interfaces nas camadas superficiais de solo); e (3) fluxo superficial (ou escoamento sobre solo saturado, ou sobre solos pouco permeáveis). A soma do escoamento superficial com o escoamento sub-superficial compõe o escoamento rápido. Num hidrograma, o escoamento rápido e o escoamento de base são convencionalmente separados. A Figura 1 ilustra o hidrograma descrito, tipicamente observado após um evento de chuva.

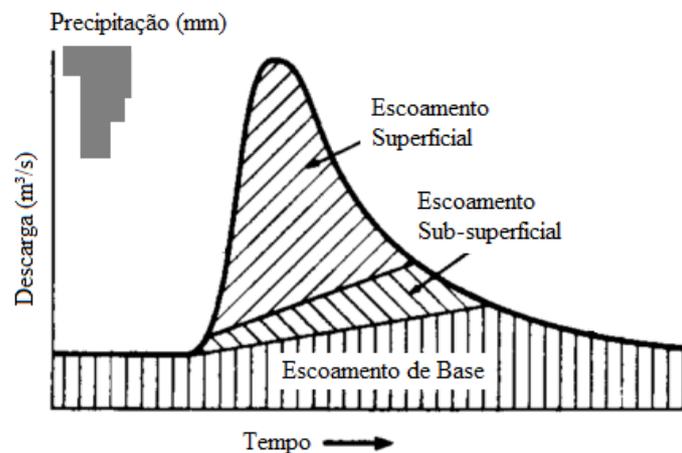


Figura 1 - Hidrograma idealizado com a separação das fontes de deflúvio em rios. Adaptado de Mosley e McKerchar (1992).

### 3.1.1 - Escoamento Superficial

Escoamento superficial constitui uma porção da taxa de fornecimento de água para a superfície que não é nem absorvida pelo solo, nem se acumula na sua superfície, mas que corre encosta abaixo até o próximo canal de drenagem.

O escoamento superficial começa tipicamente como um fluxo de camada, ou seja, uma condição inicial laminar, mas como ele acelera e ganha poder erosivo, percorre a superfície do solo criando canais (Hillel, 1998).

### 3.1.2 - Escoamento Sub-superficial

O escoamento sub-superficial, também chamado de interfluxo, é a porção da água infiltrada ao solo, mas que escoam lateralmente, através deste, na direção da declividade quando há a presença de camadas inferiores menos permeáveis.

Para o escoamento sub-superficial ocorrer são necessários espaços vazios interconectados, o que varia de acordo com os arranjos das partículas do solo e a profundidade.

### 3.1.3 - Escoamento de Base

Os cursos de água perenes só são capazes de manter seu escoamento em períodos de seca devido ao escoamento de base. A origem da água para esse tipo de escoamento é o evento de chuva, do mesmo modo que o escoamento rápido. Contudo, o fato dessa água ter sido armazenada

no subsolo isso implica em uma resposta de atraso ao curso de água com relação ao evento de chuva. Sendo assim, o rio perene poderá ser mantido em períodos de estiagem, graças ao reservatório de água que se formou no subsolo ao longo dos anos (Mosley e Mckerchar, 1992).

### **3.2 – Modelo SWAT**

#### **3.2.1 - Visão Geral**

O modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) é um modelo de bacia hidrográfica, semidistribuído com base em tempo contínuo e opera em passo diário. O objetivo no desenvolvimento do modelo foi para prever e avaliar os efeitos do manejo e de mudanças no uso do solo sobre os recursos hídricos, principalmente em bacias hidrográficas rurais não monitoradas (Arnold et al. 1998).

O desenvolvimento do SWAT é uma continuação da experiência da modelagem da USDA-ARS que se estendeu por um período de mais de 30 anos (Gassman et al. 2007). A primeira versão do SWAT foi lançada no início de 1990 e o primeiro relato de aplicação na literatura científica foi de Engel *et al.*, (1993).

Srinivasan e Arnold (1994) publicaram a primeira interface do SWAT com um sistema de informações geográfica (SIG) e Arnold et al., (1998) descreveram uma visão geral e os principais componentes do modelo. Até o ano de 2000 foram desenvolvidas mais quatro versões do modelo. Gassman et al., (2007) incluindo uma descrição mais detalhada da versão 2005, apresentou um espectro de mais de 250 aplicações do SWAT realizadas em todo o mundo. Em 2009, foi lançada mais uma versão do modelo e até 2010 só o Brasil já registrava mais de 70 trabalhos relacionados à aplicação do modelo nas mais diferentes regiões brasileiras (Garbossa et al., 2011).

Listam-se, a seguir, alguns aspectos que motivaram o emprego desse modelo para o alcance dos objetivos propostos neste trabalho:

- O modelo SWAT foi originalmente concebido para auxiliar gestores de recursos hídricos a prever e avaliar o impacto do uso, e manejo do solo em bacias não monitoradas.
- O modelo é de domínio público e vem sendo amplamente utilizado em diversas regiões para realizar previsões das condições hídricas de bacias hidrográficas com base em cenários de uso e manejo dos solos.

- O modelo SWAT possui ampla capacidade de trocas de informações e experiências pelos usuários do SWAT, havendo diversos grupos de discussão da ferramenta na internet, permitindo um aprimoramento contínuo.
- O SWAT possibilita o seu processamento a partir de uma base de dados em GIS, o que facilita a confirmação de cenários de previsão, bem como a simulação de novos cenários à medida que os mapas e dados na base em GIS vão sendo atualizados.
- O modelo hidrológico SWAT permite a modelagem hidrológica de bacias hidrográficas com base em cenários que podem considerar o impacto do uso e ocupação do solo, bem como os reflexos da prospecção de recursos hídricos e mudanças climáticas sobre as vazões superficiais, fluxos de base, qualidade da água, transporte de sedimentos e transporte de químicos agrícolas.
- Uma das vantagens do modelo, no que se refere a sua aplicação para construção de cenários de uso e ocupação do solo, consiste na possibilidade da sua integração com sistemas de informações geográficas (SIG's) por meio da ferramenta ArcSWAT, habilitada como uma extensão no software ArcGis. Tendo em vista que é possível estruturar o modelo no ambiente GIS, pode-se fazer uso de outros recursos de geoprocessamento disponíveis no software ArcGis, o que facilita a inserção e atualização de dados disponibilizados em SIG's.
- Como informações de entrada o modelo requer os seguintes dados: dados diários meteorológicos (precipitação, temperatura máxima e mínima do ar, radiação solar e umidade relativa do ar), mapa de uso do solo, mapa pedológico, o modelo digital do terreno, além dos dados fluviométricos observados.

Outra propriedade significativa do modelo SWAT é a sua extensa documentação teórica, além do manual do usuário e o documento referente aos *inputs* e *outputs* do modelo. Ainda, o site do modelo disponibiliza uma compilação de todos os artigos e publicações relacionadas a sua aplicação, reunindo atualmente, mais de 2400 trabalhos.

O BASINS (*Better Assessment Science Integrating point and Nonpoint Sources*) é um sistema de avaliação da qualidade da água das bacias hidrográficas, que integra o sistema de informação geográfica (SIG), dados de bacias hidrográficas e ferramentas de modelagem para avaliação ambiental em um único pacote (EPA, 2013).

Notadamente, pelo fato dos modelos SWAT e HSPF fazerem parte do BASINS, alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de comparar a eficiência dos modelos frente à simulação da vazão, sedimentos e nutrientes.

Im *et al.*, (2003) compararam os resultados obtidos por ambos modelos quando aplicados na bacia do córrego Pelecat, de 12,048 hectares, no Estado da Virgínia (EUA). Os resultados indicaram que ambos os modelos foram capazes de simular satisfatoriamente a vazão, sedimentos e nutrientes durante o período de simulação. Considerando-se as diferenças de cargas anuais e a tendência de cargas mensais, o modelo HSPF simulou a hidrologia e os componentes da qualidade da água de forma mais precisa do que SWAT em todos os locais de monitoramento dentro da bacia hidrográfica. No entanto, os autores concluem que o modelo HSPF é menos amigável do que o modelo SWAT, devido a inúmeros parâmetros necessários para controlar e representar o ciclo hidrológico e o transporte de sedimentos e nutrientes.

Nasr *et al.*, (2007) compararam os modelos SWAT, HSPF e SHETRAN/GOPEC na capacidade de simular a produção de fósforo proveniente de áreas agrícolas em três bacias hidrográficas na Irlanda. O modelo HSPF proporcionou melhor simulação da descarga líquida média diária, enquanto o SWAT apresentou os melhores resultados de para cargas totais de fósforo em nível diário.

A eficiência dos modelos SWAT e HSPF também foram testadas por Saleh e Du, (2004) para uma bacia localizada na intensa região produtora de laticínios no Estado do Texas (EUA). O resultado do modelo foi calibrado para o fluxo em nível diário, sedimentos e nutrientes medidos em cinco locais dentro da bacia. O modelo HSPF descreveu melhor a vazão e os sedimentos nos períodos de calibração e verificação comparativamente ao SWAT. No entanto, o SWAT demonstrou ser um melhor indicador de carga de nutrientes.

### **3.2.2 - Estrutura do modelo SWAT**

De acordo com Gassman *et al.* (2007) a origem do SWAT pode ser atribuída a modelos desenvolvidos anteriormente pelo USDA-ARS, incluindo o CREAMS (Knisel and Nicks 1980), o GLEAMS (Leonard et al. 1987) e o EPIC (Williams, 1990 e Izaurralde *et al.*, 2006 apud Gassman *et al.*, 2007). O modelo SWAT atual é um descendente direto do modelo *Simulator for Water Resources in Rural Basins* (SWRRB) (Arnold e Williams 1987), juntamente com outros modelos, como o ROTO (*Routing Outputs to Outlet*) (Arnold *et al.*, 1995 apud Gassman *et al.*,

2007), QUAL2E (Brown e Barnwell 1987) e CFARM (*carbon cycling routine*) (Kemanian et al. 2011) além de componentes chave, incluindo um gerador de clima, uma rotina de transporte de sedimentos e um submodelo de água subterrânea. Modificações adicionais vêm sendo feitas no modelo SWAT, como: a expansão de rotinas e capacidades de transporte de poluentes em reservatórios, pequenos lagos, áreas alagáveis; a inclusão de fontes pontuais de poluição e o efeito de tanques sépticos; a admissão de rotinas subsidiárias pelo método de infiltração Green-Ampt (Green e Ampt, 1911); e a rotina de contabilidade temporal, na adoção de diferentes práticas de manejo. A Figura 2 representa o acoplamento e junção desses diversos componentes e modelos.

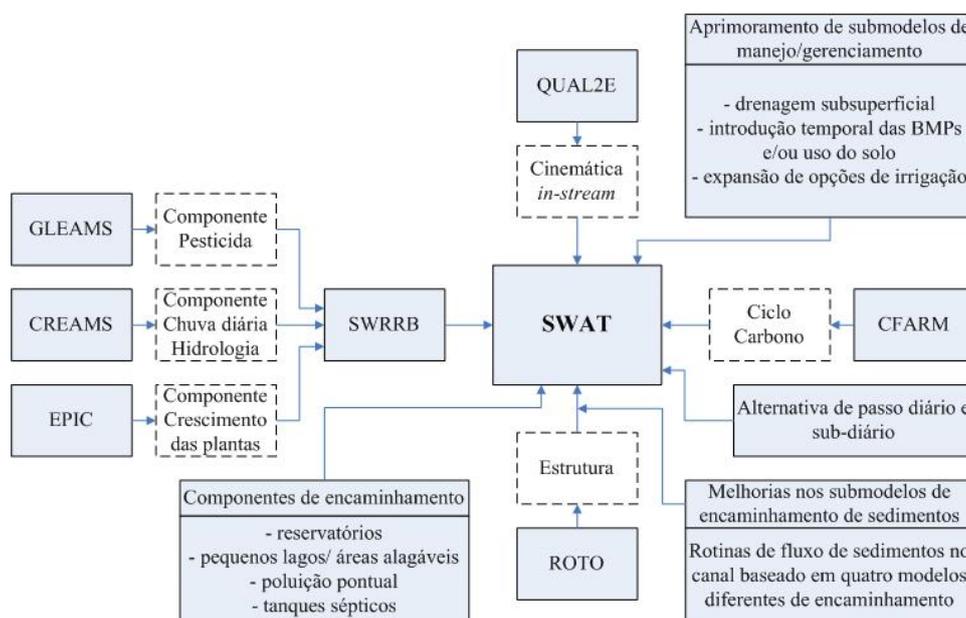


Figura 2 - Estrutura do modelo SWAT (Adaptado de Gassman *et al.*, 2007 e Arnold *et al.*, 2012).

### 3.2.3 - Caracterização e equacionamento

Os principais componentes do modelo incluem propriedades do clima, hidrologia, temperatura do solo, crescimento das plantas, nutrientes, sedimentos, pesticidas, bactérias, patógenos e manejo solo.

No SWAT a bacia hidrográfica é dividida em sub-bacias, que podem ser subdivididas em unidades de resposta hidrológica (HRUs – *Hydrologic Response Units*) que consistem em áreas homogêneas de uso do solo, gestão, declividade e tipo de solo. Implícito no conceito da HRU é o pressuposto de que não há interação entre HRUs em uma sub-bacia. As cargas (escoamento, sedimentos, nutrientes, etc.) de cada HRU são calculadas separadamente e depois somadas em conjunto para determinar as cargas totais da sub-bacia. Se a interação de uma área de uso do solo

com outra é importante, em vez de definir os domínios uso do solo como HRUs eles devem ser definidos como sub-bacias. É só em nível de sub-bacia que as relações espaciais podem ser especificadas. O benefício das HRUs é o aumento da precisão que contribuem para a predição de cargas a partir da sub-bacia. O crescimento e desenvolvimento de plantas podem ser muito diferentes entre as espécies. Quando a diversidade da cobertura vegetal dentro de uma sub-bacia é contabilizada, o valor líquido de escoamento que entra no canal principal da sub-bacia pode ser muito mais preciso (Arnold *et al.*, 2012)

O balanço hídrico é a força motriz por trás de todos os processos do SWAT porque impacta o crescimento da planta e do movimento dos sedimentos, nutrientes, pesticidas e agentes patogênicos. A simulação da hidrologia das bacias hidrográficas é separada em fase terrestre, que controla a quantidade de água, sedimentos, nutrientes e pesticidas para o canal principal em cada sub-bacia, e em fase aquática (*in-stream*), que é o movimento da água, sedimentos, etc., através da rede de canais da bacia para o seu exutório.

Os processos hidrológicos simulados pelo SWAT incluem a interceptação e armazenamento nas copas das árvores, escoamento superficial, infiltração, evapotranspiração, fluxo lateral, drenagem subsuperficial, redistribuição da água no perfil do solo, o uso de água através de bombeamento (se houver), fluxo de retorno e recarga por infiltração de águas superficiais, lagoas, canais e tributários.

As descrições completas dos processos e as equações utilizadas pelo modelo são documentadas no manual teórico do SWAT em Neitsch *et al.* (2009) e em Arnold *et al.* (1998).

A fase terrestre do ciclo hidrológico é baseada na equação do balanço hídrico:

$$SW_1 = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

em que,  $SW_1$  é o quantidade final de água no solo (mm),  $SW_0$  é a quantidade inicial de água no solo (mm),  $t$  é o tempo (dias),  $R_{day}$  é a precipitação acumulada no dia  $i$  (mm),  $Q_{surf}$  é o escoamento superficial acumulado no dia  $i$  (mm),  $E_a$  é a evapotranspiração acumulada no dia  $i$  (mm),  $w_{seep}$  é a quantidade de percolação e de desvio de fluxo que sai do perfil do solo no dia  $i$  (mm), e  $Q_{gw}$  é a quantidade do fluxo de retorno no dia  $i$  (mm).

O escoamento superficial ( $Q_{surf}$ ) pode ser estimado por dois métodos: o procedimento SCS *Curve Number* (SCS, 1972) e o método de infiltração de Green e Ampt (1911).

A evapotranspiração ( $E_a$ ) inclui a evaporação da água interceptada pelo dossel das plantas, a transpiração, a sublimação da neve e a evaporação do solo. Três métodos estão incorporados no SWAT e podem ser escolhidos para a simulação da evapotranspiração: o método de Penman-Monteith (Monteith, (1965), Allen e ASCE, (1987). Allen *et al.*, (1989)), o método de Priestley-Taylor (Priestley e Taylor 1972) e o método de Hargreaves (Hargreaves *et al.*, 1985). O modelo também pode ler valores de evapotranspiração em nível diário, caso o usuário preferir aplicar um método de evapotranspiração potencial diferente.

A percolação ( $w_{seep}$ ), dada como a transferência de água do solo para o reservatório de água subterrânea, somente ocorre se a quantidade de água exceder a capacidade de campo para aquela camada e a camada inferior não estiver saturada. Dessa maneira, a quantidade de água percolada num determinado tempo de propagação na camada do solo, é justamente a quantidade.

A água que se move passando da menor profundidade do perfil do solo por percolação, entra e flui através da zona vadosa antes de se tornar recarga do aquífero raso e/ou profundo. Esse atraso irá depender da profundidade do lençol e das propriedades hidráulicas e de formações geológicas das zonas vadosa e subterrânea. Ao chegar no aquífero raso, o balanço hídrico é dado pela equação:

$$aq_{sh,i} = aq_{sh,i-1} + w_{rchr,sh} - Q_{gw} - w_{revap} - w_{pump,sh} \quad (2)$$

em que,  $aq_{sh,i}$  é a quantidade de água armazenada no aquífero raso no dia  $i$  (mm),  $aq_{sh,i-1}$  é a quantidade de água armazenada no aquífero raso no dia  $i-1$  (mm),  $w_{rchr,sh}$  é a quantidade de recarga no aquífero raso no dia  $i$  (mm),  $Q_{gw}$  é o fluxo de águas subterrâneas, ou fluxo de base, para o canal principal no dia  $i$  (mm),  $w_{revap}$  é a quantidade de água em movimento na zona do solo em resposta às carências de água no dia  $i$  (mm), e  $w_{pump,sh}$  é a quantidade de água retirada do aquífero raso por bombeamento no dia  $i$  (mm).

O fluxo de base ( $Q_{gw}$ ) é parte tanto do balanço hídrico da fase terrestre quanto do aquífero raso.

A resposta do estado estacionário de percolação da água para recarga é dada de acordo com Hooghoudt, (1940):

$$Q_{gw} = \frac{8000 \times K_{sat}}{L_{gw}^2} \times h_{wtbl} \quad (3)$$

em que,  $Q_{gw}$  é o fluxo de águas subterrâneas, ou fluxo de base, para o canal principal no dia  $i$  (mm),  $K_{sat}$  é a condutividade hidráulica do aquífero (mm/dia),  $L_{gw}$  é a distância da sub-bacia que

divide o sistema de águas subterrâneas para o canal principal (m), e  $h_{wtbl}$  é a altura do lençol freático (m).

As variações do lençol freático devido à resposta de estado não estacionário do fluxo de águas subterrâneas para recarga periódica são calculadas por (Smedema e Rycroft, 1983):

$$\frac{dh_{wtbl}}{dt} = \frac{w_{rchrq,sh} - Q_{gw}}{800 \times \mu} \quad (4)$$

em que  $\frac{dh_{wtbl}}{dt}$  é a mudança na altura do lençol freático com o tempo (mm/dia),  $w_{rchrq,sh}$  é a quantidade de recarga do aquífero raso no dia  $i$  (mm H<sub>2</sub>O),  $Q_{gw}$  é o fluxo de água subterrânea para canal principal no dia  $i$  (mm), e  $\mu$  é o rendimento específico do aquífero superficial (coeficiente de armazenamento) (m/m).

Partindo do princípio de que a variação do fluxo de águas subterrâneas é linearmente relacionada com a taxa de variação da altura do lençol freático, as equações 32 e 33 podem ser combinadas, obtendo:

$$\frac{dQ_{gw}}{dt} = 10 \times \frac{K_{sat}}{\mu \times L_{gw}^2} \times (w_{rchrq,sh} - Q_{gw}) = \alpha_{gw} \times (w_{rchrq,sh} - Q_{gw}) \quad (5)$$

em que,  $Q_{gw}$  é o fluxo de água subterrânea para o canal principal no dia  $i$  (mm),  $K_{sat}$  é a condutividade hidráulica do aquífero (mm/dia),  $\mu$  é o rendimento específico do aquífero raso (m/m),  $L_{gw}$  é a distância da divisão da sub-bacia até o sistema de águas subterrâneas para o canal principal (m),  $w_{rchrq,sh}$  é a quantidade de recarga do aquífero raso no dia  $i$  (mm) e  $\alpha_{gw}$  é a constante de recessão do fluxo de base ou constante de proporcionalidade.

Integrando a equação e reordenando para resolver  $Q_{gw}$  obtém-se:

$$Q_{gw,i} = Q_{gw,i-1} \times \exp[-\alpha_{gw} \times \Delta t] + w_{rchrq,sh} \times (1 - \exp[-\alpha_{gw} \times \Delta t]) \quad (6)$$

$$se \ aq_{sh} > aq_{shthr,q}$$

$$Q_{gw,i} = 0 \ se \ aq_{sh} \leq aq_{shthr,q} \quad (7)$$

em que  $Q_{gw,i}$  é o fluxo da água subterrânea para o canal principal no dia  $i$  (mm),  $Q_{gw,i-1}$  é o fluxo da água subterrânea para o canal principal no dia  $i-1$  (mm),  $\alpha_{gw}$  é a constante de recessão do escoamento de base,  $\Delta t$  é o intervalo de tempo (dia),  $w_{rchrq,sh}$  é a quantidade de recarga do aquífero raso no dia  $i$  (mm),  $aq_{sh}$  é o limite do nível de água no aquífero raso para que possa ocorrer a contribuição das águas subterrâneas para o canal principal (mm).

Porém quando o aquífero raso não recebe nenhuma recarga o cálculo do fluxo de água subterrânea para o canal principal é simplificado para:

$$Q_{gw} = Q_{gw,0} \times \exp[-\alpha_{gw} \times t] \text{ se } aq_{sh} > aq_{shthr,q} \quad (8)$$

$$Q_{gw,i} = 0 \text{ se } aq_{sh} \leq aq_{shthr,q} \quad (9)$$

em que,  $Q_{gw,0}$  é o fluxo da água subterrânea para o canal principal no início da recessão e  $t$  é o tempo decorrido desde o início da recessão (dias).

### 3.2.4 - Parâmetros do Modelo SWAT

O SWAT é um modelo abrangente e exige uma diversidade de informações para ser executado. Este item fornece uma visão geral dos parâmetros de entrada do modelo e levanta os principais parâmetros a serem considerados na simulação da vazão e, posteriormente, utilizados na análise de sensibilidade e calibração.

No modelo as entradas são organizadas por tema e são enfatizadas para diferenciar as entradas obrigatórias de entradas opcionais.

O manual Input e Output do modelo (Arnold et al., 2012) se concentra em ajudar o usuário na identificação de entradas que devem ser definidas para o seu conjunto de dados em particular. O manual lista as variáveis por arquivo e discute métodos utilizados para medir ou calcular os valores para os parâmetros de entrada.

Os arquivos de entrada para o SWAT são definidos em um dos diferentes níveis de detalhe: bacia hidrográfica, sub-bacia ou HRU. Características únicas como reservatórios ou fontes pontuais devem ter dados de entrada fornecidos para cada recurso individual incluído na simulação de bacias hidrográficas.

Os níveis de entradas de bacias hidrográficas são usados para modelar processos em toda a bacia hidrográfica. Por exemplo, o método selecionado para modelar a evapotranspiração potencial será usado em todas as HRUs na bacia. O nível de entradas por sub-bacia são as entradas ligadas com o mesmo valor para todas as HRUs na sub-bacia. Pelo motivo de existir um *reach* por sub-bacia, os dados de entrada para os canais principais são definidos no nível de sub-bacia também. Um exemplo de dados em nível de sub-bacia é precipitação e a temperatura. Entradas em nível de HRU são entradas que podem ser definidas em valores únicos para cada HRU na bacia. Um exemplo de uma entrada HRU é o cenário de manejo.

Os arquivos de entrada para o SWAT incluem o que se apresenta na Tabela 1.

Tabela 1 – Overview dos arquivos de entrada do modelo SWAT.

file.cio (Arquivo em nível de Bacia)	<i>Master watershed file</i> . Este arquivo obrigatório contém os nomes dos arquivos em nível de bacias hidrográficas e os parâmetros relacionados para impressão.
.fig (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de configuração de bacias hidrográficas. Este arquivo obrigatório define a rede de rotas na bacia e lista os nomes dos arquivos de entrada para os diferentes objetos na bacia.
.bsn (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de entrada sobre a bacia. Este arquivo obrigatório define valores ou opções usadas para modelar processos físicos uniformemente sobre toda a bacia hidrográfica.
.pcp (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de entrada de precipitação. Este arquivo opcional contém dados de precipitação medidos diariamente para uma ou algumas estações de medição. Até 18 arquivos de precipitação podem ser usados em cada simulação e cada arquivo de dados pode conter até 300 estações. Os dados para uma estação em particular é atribuído a uma sub-bacia no arquivo de entrada de sub-bacia (.sub).
.tmp (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de entrada de temperatura. Este arquivo opcional contém dados diários medidos de temperaturas máximas e mínimas para uma ou mais estações de medição. Até 18 arquivos de temperatura podem ser utilizados em cada simulação e cada arquivo pode conter dados de até 150 estações. Os dados para uma estação em particular é atribuído a uma sub-bacia no arquivo de entrada de sub-bacia (.sub).
.slr (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de entrada de radiação solar. Este arquivo opcional contém radiação solar diária para uma ou mais estações de medição. O arquivo de radiação solar pode armazenar dados de até 300 estações. Os dados para uma estação em particular é atribuído a uma sub-bacia no arquivo de entrada de sub-bacia (.sub).
.wnd (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de entrada de velocidade do vento. Este arquivo opcional contém velocidade do vento média diário de uma ou mais estações de medição. O arquivo da velocidade do vento pode armazenar dados de até 300 estações. Os dados para uma estação em particular é atribuído a uma sub-bacia no arquivo de entrada de sub-bacia (.sub).
.hmd (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de entrada de umidade relativa. Este arquivo opcional contém valores diários de umidade relativa para uma ou mais estações de medição. O arquivo de umidade relativa do ar pode armazenar dados de até 300 estações. Os dados para uma estação em particular é atribuído a uma sub-bacia no arquivo de entrada de sub-bacia (.sub).
.pet (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de entrada de evapotranspiração potencial. Este arquivo opcional contém valores diários de PET para a bacia hidrográfica.
.est (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de entrada de previsão do tempo. Este arquivo opcional contém os dados estatísticos necessários para gerar dados climáticos diários representativos para as sub-bacias durante o período da previsão.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

.cal (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de entrada de autocalibração. Este arquivo opcional contém os dados necessários para operar os algoritmos da autocalibração.
crop.dat (Arquivo em nível de Bacia)	Banco de dados da Cobertura do solo / crescimento da planta. Este arquivo obrigatório contém os parâmetros para o crescimento das plantas de todas as coberturas do solo na bacia.
till.dat (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo do banco de dados de preparo do solo. Este arquivo obrigatório contém informações sobre a quantidade e profundidade de mistura causada por operações de preparo do solo simuladas na bacia.
pest.dat (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de banco de dados de pesticidas. Este arquivo obrigatório contém informações sobre a mobilidade e degradação dos pesticidas simulados na bacia.
fert.dat (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de banco de fertilizantes. Este arquivo obrigatório contém informações sobre o conteúdo nutricional de todos os fertilizantes e adubos simulados na bacia.
urban.dat (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de banco de dados urbano. Este arquivo obrigatório contém informações sobre a acumulação/lavagem de sólidos em áreas urbanas simuladas na bacia.
septic.dat (Arquivo em nível de Bacia)	Arquivo de banco de dados séptico. Este arquivo contém informações sobre os sistemas sépticos.
.sub (Arquivo em nível de Sub-bacia)	Arquivo de entrada da Sub-bacia. Este arquivo é obrigatório para cada sub-bacia e define as entradas climáticas, os atributos dos canais tributários, bem como o número e os tipos de HRUs na sub-bacia.
.wgn (Arquivo em nível de Sub-bacia)	Arquivo de entrada do gerador climático. Este arquivo obrigatório contém os dados estatísticos necessários para gerar dados climáticos diários representativos para uma sub-bacia.
.pnd (Arquivo em nível de Sub-bacia)	Arquivo de entrada de <i>Ponds/Wetlands</i> . Este arquivo opcional contém informações para represamentos de água localizados dentro de uma sub-bacia.
.wus (Arquivo em nível de Sub-bacia)	Arquivo de entrada do uso da água. Este arquivo opcional contém informações sobre o consumo e uso da água em uma sub-bacia.
.rte (Arquivo em nível de Sub-bacia)	Arquivo de entrada do canal principal. Este arquivo obrigatório contém parâmetros que regem o movimento da água e dos sedimentos no canal principal de uma sub-bacia.
.sep (Arquivo em nível de Sub-bacia)	Arquivo de entrada séptico. Este arquivo opcional contém informações de sistemas sépticos.
.wwq (Arquivo em nível de Sub-bacia)	Arquivo de entrada da qualidade da água da bacia hidrográfica. Este arquivo opcional contém parâmetros usados para modelar transformações nos canais principais pelo QUAL2E.
.swq (Arquivo em nível de Sub-bacia)	Arquivo de entrada da qualidade da água. Este arquivo opcional contém parâmetros utilizados para modelar pesticidas e transformações de nutrientes no canal principal da sub-bacia pelo modelo QUAL2E.
.hru (Arquivo em nível de HRU)	Arquivo de entrada de HRU. Arquivo necessário para os parâmetros em nível de HRU. Arquivo <i>Catch-all</i>

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

.mgt (Arquivo em nível de HRU)	Arquivo de entrada de manejo. Este arquivo obrigatório contém cenários de manejo e especifica a cobertura do solo simulada na HRU.
.sol (Arquivo em nível de HRU)	Arquivo de entrada do solo. Este arquivo obrigatório contém informações sobre as características físicas do solo na HRU.
.chm (Arquivo em nível de HRU)	Arquivo de entrada de química do solo. Este arquivo opcional contém informações sobre os nutrientes iniciais e os níveis de pesticidas no solo na HRU.
.gw (Arquivo em nível de HRU)	Arquivo de entrada de águas subterrâneas. Este arquivo obrigatório contém informações sobre os aquíferos raso e profundo na sub-bacia. Sendo que usos de solo diferem em sua interação com o aquífero raso, as informações deste arquivo de entrada permitem variar em nível de HRU.
.res (Arquivo de reservatório)	Arquivo de entrada do reservatório. Este arquivo opcional contém parâmetros usados para modelar o movimento da água e do sedimento através de um reservatório.
.lwq (Arquivo de reservatório)	Arquivo de entrada da qualidade da água do lago. Este arquivo opcional contém parâmetros usados para modelar o movimento de nutrientes e pesticidas através de um reservatório.
rechour.dat recday.dat recmon.dat recyear.dat recnst.dat (Arquivo de fonte pontual)	Arquivos de entrada das fontes pontuais. Esses arquivos opcionais contêm informações sobre as cargas para a rede de canais a partir de uma fonte pontual. O tipo de arquivo usado para armazenar os dados depende de como os dados são resumidos (horária, diária, mensal, anual, ou média anual).

Dentro desses arquivos de entrada há diversos parâmetros que devem ser caracterizados para a área de estudo. A Tabela 2 contém alguns parâmetros que influenciam na simulação da vazão e podem ser utilizados neste estudo durante os processos de análise de sensibilidade e calibração do modelo (Arnold et al., 2012).

Tabela 2 - Principais parâmetros influentes no processo de simulação da vazão.

Parâmetro	Descrição / Função
CN2	Curva número na condição II: Esse parâmetro é importante no cálculo do escoamento superficial quando utilizado o método SCS <i>Curve Number</i> para seu cálculo. O CN é um número adimensional e é obtido em função da permeabilidade, do tipo de solo, do uso e da condição antecedente de umidade no solo. Ou seja, os valores de deflúvio na bacia são proporcionais ao parâmetro CN.
ALPHA_BF	Constante de recessão do fluxo de base: Esse parâmetro é um indicador direto da resposta do fluxo subterrâneo para as mudanças na recarga. Quanto maior o valor desse parâmetro maior será a recarga do aquífero e menor o fluxo de base. Os valores variam 0,1 - 0,3 para solos com a resposta lenta para recarrega e 0,9 - 1,0 para solos com uma resposta rápida.
GW_DELAY	Intervalo de tempo para a recarga do aquífero: Esse parâmetro é importante no cálculo da recarga do aquífero e é dependente da formação geológica. O GW_DELAY é inversamente proporcional a recarga.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição / Função</b>
GWQMN	Profundidade limite de água no aquífero raso necessária para o fluxo de retorno ocorrer: Quanto maior o valor desse parâmetro uma porção maior do fluxo de base é retardada. Ou seja, para valores baixos desse parâmetro é produzido mais fluxo de base e um alto fluxo fluvial. O fluxo das águas subterrâneas para o canal é permitido somente se a profundidade da água no aquífero raso for igual ou maior do que o GWQMN.
GW_REVAP	Coeficiente de ascensão da água à zona não saturada: esse parâmetro é designado como uma constante de proporcionalidade para o cálculo da quantidade máxima de água que se move no solo em resposta às deficiências de água.
ESCO	Fator de compensação de evaporação do solo: É um parâmetro importante no processo de evapotranspiração. Os valores desse parâmetro representam um percentual aplicado à evaporação da camada superior do solo, de modo que percentuais elevados significam maior evaporação na camada superior do solo.
SOL_AWC	Capacidade de água disponível no solo: Esse parâmetro é importante no processo de movimentação da água no solo e é utilizado para calcular o conteúdo de água no solo disponível para a vegetação. É dado pela diferença entre a capacidade de campo e o ponto de murcha.
SOL_K	Condutividade hidráulica saturada do solo: É um parâmetro influente no processo de movimentação da água no solo e é necessário para calcular o tempo de percolação da água numa dada camada do solo. O fluxo de base aumenta quando esse parâmetro está entre valores baixos e médios e diminui quando o parâmetro está entre médio e alto.
SOL_BD	Densidade aparente do solo: A densidade do solo expressa a relação entre a massa das partículas sólidas e o volume total do solo, $\rho_b = MS / VT$ . A densidade do solo é inversamente relacionada a porosidade do mesmo solo, ou seja, maior porosidade quanto menor o valor da densidade do solo.
SHALLST	Profundidade inicial do aquífero raso
DEEPST	Profundidade inicial de água no aquífero profundo
REVAPMN	Profundidade limite da água no solo para a ocorrência da ascensão da água à zona não saturada: É um parâmetro importante no processo de contribuição de água subterrânea e define o limite do nível de água no aquífero raso para que o movimento da água dentro do solo em resposta as deficiências de água ocorram. É utilizado no cálculo da estimativa da quantidade máxima de água que será removida do aquífero num dado dia. Ou seja, o movimento da água do aquífero raso para a zona insaturada é permitido somente se o volume de água no aquífero raso for igual ou maior do que o REVAPMN.
EPCO	Fator de compensação de captação da planta. A quantidade de absorção de água que ocorre num dado dia é uma função da quantidade de água requerida pela planta para a transpiração, $E_t$ , e a quantidade de água disponível no solo, $SW$ . Se camadas superiores do perfil do solo não contêm água suficiente para satisfazer a absorção de água, os usuários podem permitir que as camadas mais baixas possam compensar. O fator de compensação da absorção das plantas pode variar de 0,01 a 1,00. Quanto mais o valor de EPCO se aproxima de 1,0, mais o modelo permite procurar absorção de água para satisfazer a captação das plantas.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
 BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

Parâmetro	Descrição / Função
SURLAG	<p>Coeficiente de retardamento do escoamento superficial.</p> <p>Na grandes sub-bacias com um tempo de concentração superior a 1 dia, apenas uma porção do escoamento superficial irá atingir o canal principal no dia em que é gerada. O SWAT incorpora uma superfície característica de armazenamento do escoamento para retardar uma parte do escoamento. SURLAG controla a fração do total de água disponível, que será permitido entrar no reach em qualquer dia. A figura 3 apresenta a influência do SURLAG e do TCONC na fração do escoamento superficial liberado. O atraso na liberação do escoamento superficial irá suavizar o hidrograma das vazões simuladas no reach. Se nenhum valor para SURLAG é inserido, o modelo irá definir SURLAG = 4,0.</p>
RCHRG_DP	<p>Fração de percolação para o aquífero profundo.</p> <p>É a fração da percolação da zona de raiz que recarrega o aquífero profundo. O valor para RCHRG_DP deve situar-se entre 0,0 e 1,0.</p>
GWHT	<p>Altura inicial das águas subterrâneas (m).</p> <p>O estado estacionário do fluxo de água subterrânea e da altura do lençol freático são linearmente proporcionais. As equações utilizadas para calcular a variação da altura das águas subterrâneas com mudança de fluxo estão incluídas no SWAT. No entanto, a altura da água subterrânea não está impressa em qualquer um dos arquivos de saída.</p>
WUSHAL(mon)	<p>Remoção de água média diária de um aquífero raso para cada mês (<math>10^4</math> m<sup>3</sup>/dia).</p>
WUDEEP(mon)	<p>Remoção de água média diária de um aquífero profundo para cada mês (<math>10^4</math> m<sup>3</sup>/dia).</p>

Além desses, e de vários outros, o SWAT requer dados de precipitação diária, máxima/mínima temperatura do ar, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Os valores de todos estes parâmetros podem ser lidos a partir de registros de dados observados ou podem ser gerados

O arquivo de entrada do gerador de clima contém os dados estatísticos necessários para gerar dados climáticos diários representativos para as sub-bacias. Idealmente, pelo menos, 20 anos de registros são usados para calcular os parâmetros no arquivo. wgn. Os dados climáticos serão gerados em dois casos: quando o usuário especifica que será usada a simulação dos dados climáticos ou quando está faltando dados medidos.

Na Tabela 3, segue uma breve descrição das variáveis no arquivo de entrada do gerador de clima.

Tabela 3 – Parâmetros essenciais para o gerador de tempo.

Parâmetro	Definição
WLATITUDE	Latitude da estação meteorológica usada para criar os parâmetros estatísticos (graus). A latitude é expressa como um número real com os minutos e os segundos convertidos em frações de grau.
WLONGITUDE	Longitude da estação meteorológica (graus). Esta variável não é utilizada pelo modelo e pode ser deixado em branco.
WELEV	Elevação da estação meteorológica (m) Necessário se bandas de elevação são modeladas nas bacias hidrográficas.
RAIN_YRS	O número de anos de máximas mensais de meia hora de chuva utilizados para definir valores para RAIN_HHMX (1) - RAIN_HHMX (12) Se nenhum valor de entrada é dado para RAIN_YRS, o SWAT irá definir RAIN_YRS = 10
TMPMX(mon)	Média da temperatura máxima do ar diária para o mês (° C). Este valor é calculado pela soma da temperatura máxima do ar para cada dia do mês para todos os anos de registro e dividindo-se pelo número de dias somados: $\mu mx_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mx,mon}}{N}$ Onde $\mu mx_{mon}$ é a temperatura diária média máxima para o mês (°C), $T_{mx,mon}$ é a temperatura máxima diária no registro d no mês mon (°C), um N é o número total de máxima diária registros de temperatura para seg mês.
TMPMN(mon)	Média da temperatura mínima diária por mês (°C).
TMPSTDMX(mon)	Desvio padrão para a temperatura máxima diária do ar no mês (° C). Este parâmetro quantifica a variação de temperatura máxima de cada mês. O desvio padrão é calculado: $\sigma mx_{mon} = \sqrt{\left(\frac{\sum_{d=1}^N (T_{mx,mon} - \mu mx_{mon})^2}{N - 1}\right)}$ Onde $\sigma mx_{mon}$ é o desvio padrão para a temperatura máxima diária no mês mon (° C), $T_{mx,mon}$ é a temperatura máxima diária no registro d no mês seg (° C), e N é o número total de máxima diária de registros de temperatura para seg mês.
TMPSTDMN(mon)	Desvio padrão para a temperatura mínima do ar diária no mês (°C).
PCPMM(mon)	Média do total de precipitação mensal (mmH2O).
PCPSTD(mon)	Desvio padrão da precipitação diária no mês (mm H2O/day)
PCPSKW	Coefficiente de inclinação de precipitação diária de mês. Este parâmetro quantifica a simetria da distribuição da precipitação sobre a média mensal. O coeficiente de inclinação é calculado: $g_{mon} = \frac{N \times \sum_{d=1}^N (R_{day,mon} - \bar{R}_{mon})^3}{(N - 1) \times (N - 2) \times (\sigma mon)^3}$ Onde $g_{mon}$ é o coeficiente de inclinação para a precipitação no mês, N é o número total de registros de precipitação diárias por mês seg, $R_{day,mon}$ , no valor de precipitação para o registro d no mês mon (mm H2O). (Nota: os valores diários de precipitação de 0 mm, estão incluídos no cálculo do coeficiente de inclinação).
PR_W(1,mon)	Probabilidade de ocorrer um dia chuvoso após um dia seco no mês. Esta probabilidade é calculada:

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

	$P_i(W/D) = \frac{days_{(W/D,i)}}{days_{dry,i}}$ <p>Onde <math>P_i(W/D)</math> é a probabilidade de um dia chuvoso após um dia seco no mês, <math>days_{(W/D,i)}</math> é o número de vezes num dia chuvoso, seguido de um dia seco no mês <math>i</math>, para todo o período de registro, e <math>days_{dry,i}</math> é o número de dias secos em mês <math>i</math>, durante todo o período de registro. Um dia seco é um dia com 0 mm de precipitação. Um dia de chuva é um dia com precipitação <math>&gt; 0</math> mm.</p>
PR_W(2,mon)	<p>Probabilidade de ocorrer um dia chuvoso após um outro dia de chuva no mês. Esta probabilidade é calculada:</p> $P_i(W/W) = \frac{days_{(W/W,i)}}{days_{wet,i}}$ <p>Onde <math>P_i(W/W)</math> é a probabilidade de um dia chuvoso ocorrer após um outro dia chuvoso no mês <math>i</math>, <math>days_{(W/W,i)}</math> é o número de vezes que um dia chuvoso seguido de outro no mês <math>i</math> para todo o período de registro, e <math>days_{wet,i}</math> é o número de dias chuvosos no mês <math>i</math>, durante todo o período de registro. Um dia seco é um dia com 0 mm de precipitação. Um dia de chuva é um dia com <math>&gt; 0</math> mm de precipitação.</p>
PCPD(mon)	Número médio de dias que ocorreu precipitação no mês.
RAINHHMX(mon)	Máxima meia hora de chuva em todo o período de registro para o mês (mm H <sub>2</sub> O). Este valor representa o registro da mais extrema intensidade de chuva de 30 minutos em todo o período registrado.
SOLARAV(mon)	Radiação média diária de energia solar para o mês (MJ/m <sup>2</sup> /dia).
DEWPT(mon)	<p>Temperatura média diária do ponto de orvalho média para cada mês (°C)</p> <p>Temperatura do ponto de orvalho é a temperatura à qual a pressão de vapor real presente na atmosfera é igual à pressão de vapor de saturação. Este valor é calculado somando-se a temperatura do ponto de orvalho para cada dia do mês para todos os anos de registro e dividindo pelo número de dias somados</p> <p>O ponto de orvalho é convertido para umidade relativa do ar usando equações 1:3.5.1 e 1:3.5.2 da Documentação teórico.</p> <p>Necessário para a equação de Penman-Monteith no cálculo da evaporação potencial.</p>
WNDVAV(mon)	Velocidade do vento média diária no mês (m / s)

### 3.3 - Calibração de modelos hidrológicos

Para que o modelo seja capaz de simular adequadamente o comportamento hidrológico é necessário que os parâmetros do modelo sejam estimados de maneira apropriada. Quando os processos físicos que determinam o sistema estão bem compreendidos, os valores para os parâmetros podem muitas vezes ser determinado com um elevado grau de precisão. Na hidrologia, entretanto, os processos físicos de interesse são bastantes complexos e ainda não são bem compreendidos (Duan et al., 2003).

Embora os parâmetros dos modelos sejam conceitualmente relacionados com as propriedades características de uma paisagem, estas podem ser altamente variáveis no tempo e no espaço, e dessa forma, os parâmetros não são facilmente representados numericamente nas escalas temporais e espaciais de uso dos modelos. Além disso, em alguns modelos os parâmetros podem ser abstrações da realidade e, em consequência, não podem ser medidos diretamente. Dessa maneira, os parâmetros que na prática não são possíveis de medir em campo, ou apresentam dificuldade de representação distribuída espacialmente e temporalmente, são, por conseguinte, estimados por meios indiretos.

Existem duas principais abordagens para a estimativa de parâmetros. A primeira abordagem admitindo a relação teórica ou empírica que os parâmetros têm com características observadas (medidas) na bacia, tais como propriedades do solo e da vegetação, geomorfologia, características topográficas, entre outras. A segunda, é o ajuste dos parâmetros, tal que o output do modelo seja o mais próximo e consistente possível da resposta observada (medida) na bacia hidrográfica em um período histórico. Esse processo de otimização dos parâmetros é chamado de calibração (Duan et al. 2003).

A calibração de um modelo é, então, o processo de busca por valores dos parâmetros que permitam uma boa representação do comportamento hidrológico, e conseqüentemente que apresentem um grau de similaridade suficientemente alto. Entretanto, existem uma variedade de falhas na estrutura do modelo e incertezas nos dados utilizados na estimativa dos parâmetros, quais introduzem uma falta de exatidão nos resultados do modelo.

Esse momento de ajuste dos parâmetros é uma das etapas da modelagem que envolve a necessidade de maior entendimento e compreensão da estrutura do modelo e do comportamento dos diferentes parâmetros, não deixando de sustentar a representatividade física desses dados.

Além disso, atrelados à calibração ainda se tem dois conceitos à serem considerados: *equifinalidade* e *parcimônia*.

O conceito de *equifinalidade* de modelos (Zak e Beven, 1999; Beven, 2006) está associado a que não existe um conjunto único de valores de parâmetros capaz de representar os processos hidrológicos, devido, principalmente às incertezas inerentes aos dados, às simplificações do modelo e à representatividade dos parâmetros. E, justamente devido a isso, existem várias combinações de valores de parâmetros que apresentam resultados com um grau elevado de similaridade aos dados observados e bons resultados estatísticos comparativos.

Por sua vez, o princípio de *parcimônia* estabelece que os modelos devem ter o menor número de parâmetros que permitam uma representação apropriada do comportamento hidrológico da bacia. Muitas vezes ao incrementar o grau de complexidade dos modelos hidrológicos (por exemplo aumentando o número de parâmetros) observa-se que a partir de certo número já não existem melhoras significativas no desempenho do modelo em termos de uma melhor reprodução do comportamento hidrológico da bacia (Tang et al. 2006).

A calibração é um problema de indeterminadas soluções, podendo existir, ainda, soluções que atendam às equações, mas não representam a realidade lógica do problema e mesmo dos valores esperados dos parâmetros. De outro lado, existirão várias soluções que possuem

justificativa técnica e resposta adequada para o problema, e entre as quais não é possível, em geral, distinguir a mais aceitável ou a melhor (Collischonn e Tucci 2003).

A técnica pioneira utilizada pelos hidrólogos para a determinação dos parâmetros, pela robustez e simplicidade é a calibração manual, pelo método de tentativa e erro. Essa técnica é um processo interativo, em que o modelador a cada tentativa altera os valores dos parâmetros e compara, visualmente e estatisticamente, os resultados verificando a representação do sistema. Esse processo prossegue até que o usuário encontre um conjunto de parâmetros para os quais ele considera que os resultados do modelo são os mais apropriados para o processo simulado.

A calibração manual não deixa de tratar a percepção do modelador em relação à sensibilidade do modelo aos diferentes parâmetros, e uma das grandes vantagens desse procedimento é permitir que o usuário agregue ao processo sua experiência e conhecimento sobre o modelo e sobre as características da área de estudo.

Porém, em face do grande número de tentativas, essa abordagem pode ser considerada lenta e repetitiva, principalmente quando trata-se de um modelo complexo que envolve um grande número de parâmetros. Além disso, a interação de vários parâmetros simultaneamente podem resultar em efeitos imprevisíveis (Gupta et al. 1998).

Com intuito de tornar a calibração mais eficiente, no ponto de vista de acelerar o processo, foram desenvolvidas técnicas de otimização que se baseiam na utilização de algoritmos multicritério para a calibração automática de modelos. Ainda, ao contrário da calibração manual, a calibração automática é menos subjetiva e é capaz de buscar extensivamente conjuntos de parâmetros do modelo entre as suas gamas aceitáveis num período muito curto de tempo, aumentando a probabilidade de encontrar valores ótimos dos parâmetros conjuntamente.

Entretanto, o uso dessa técnica não isenta o usuário da responsabilidade de aferir e examinar a validade dos valores de parâmetros encontrados automaticamente, muito menos de entender a relação conceitual entre os parâmetros do modelo e o sistema real.

Na Tabela 4 são comparadas as principais vantagens e desvantagens da calibração manual e automática.

Tabela 4- Feições comparativas da calibração manual e automática (Adaptado de Gupta *et al.*, 2003).

<b>Calibração Manual</b>	<b>Calibração Automática</b>
Alto conhecimento e expertise do usuário	Velocidade e potência computacional
Subjetivo (realístico)	Objetivo (estatístico)

Trabalho complicado e intensivo	Uso computacional intensivo
Consumo elevado de tempo	Economia de tempo
Excelentes resultados	Resultados podem não ser aceitáveis

---

Para modelos concentrados com poucos parâmetros, uma cuidadosa calibração manual pode levar a resultados superiores, mas um alto tempo dispendido. Em contraste a abordagem automática é mais rápida e sua aplicação é relativamente mais simples, mas de alguma maneira carece da abordagem manual (Duan et al. 2003).

Porém por uma variedade de razões, entre elas a complexidade de modelos hidrológicos distribuídos, a calibração automática é amplamente utilizada. Durante os últimos anos avanços significativos foram feitos na calibração automática, com foco em quatro questões principais (Gupta *et al.*, 1998). (1) o desenvolvimento de técnicas especializadas para atender erros presentes nos dados medidos; (2) a busca de uma estratégia de otimização que pode resolver confiavelmente o problema de estimativa de parâmetros; (3) a determinação da quantidade apropriada e mais informativa do tipo de dado; e (4) a representação eficiente da incerteza do modelo calibrado (estrutura e parâmetros) e tradução da incerteza na resposta do modelo.

A metodologia típica para a estimativa de parâmetros pelo método de otimização requer quatro elementos: função objetivo; algoritmo de otimização; critérios de terminação; e dados de calibração.

#### **4 - CARACTERIZAÇÃO HIDROGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO**

O Distrito Federal e entorno divide-se em sete bacias hidrográficas: rio Corumbá, rio Descoberto, rio Paranoá, rio São Bartolomeu, rio São Marcos, rio Preto e rio Maranhão. As cinco primeiras situam-se na região hidrográfica do rio Paraná, a penúltima na do rio São Francisco e a última na do rio Tocantins-Araguaia. Essas bacias podem ser agrupadas em 3 regiões hidrográficas, a saber: região hidrográfica do rio Paraná, região hidrográfica do rio São Francisco e região hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia e ainda em 40 unidades hidrográficas.

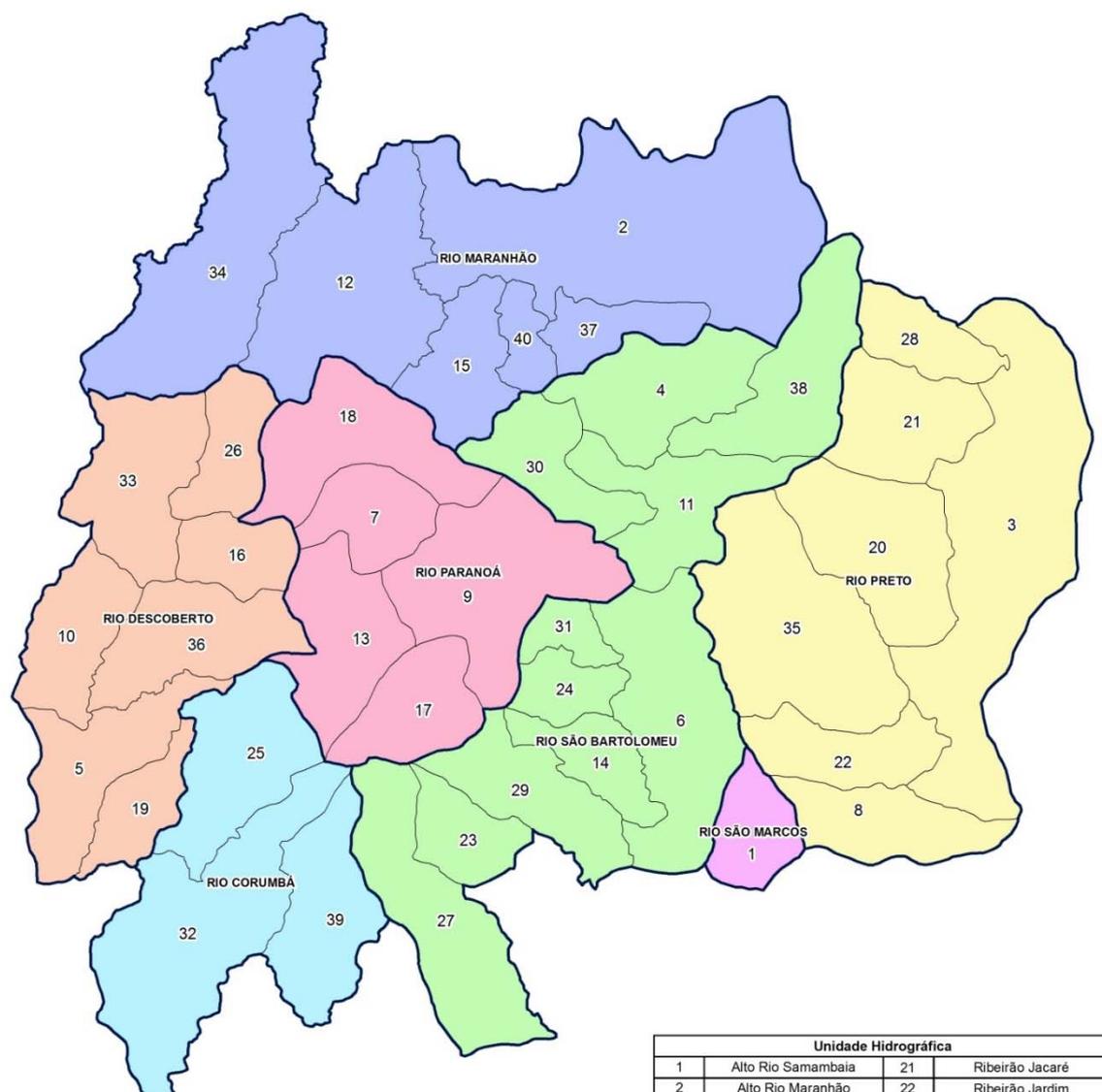
Conforme estabelece a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH 032/2003, as regiões hidrográficas correspondem ao espaço territorial compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Já as unidades hidrográficas, referenciadas na Lei 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, são subdivisões das bacias hidrográficas e foram consideradas no Distrito Federal como unidades básicas territoriais para gestão dos recursos hídricos.

O mapa apresentado na Figura 3, reproduzido no Plano de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – PGIRH de 2012 (ADASA-ECOPLAN, 2012) mostra a divisão das bacias, regiões e unidades hidrográficas do Distrito Federal.

Tabela 5, indicada no referido documento, apresenta as áreas correspondentes a cada uma das regiões hidrográficas do Distrito Federal e entorno.

O foco do presente estudo encontra-se na porção alta da bacia hidrográfica do rio Descoberto, mais especificamente da unidade hidrográfica 33. Dessa forma, a área de estudo compreende a bacia hidrográfica do trecho do rio Descoberto a montante do eixo da barragem que forma o lago Descoberto, aqui denominada bacia hidrográfica do Alto Descoberto. Esse trecho do rio consiste na fronteira que divide o Distrito Federal e o município de Águas Lindas, no estado de Goiás. A Figura 4 apresenta a localização da área de interesse do presente estudo.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02



**Região Hidrográfica do Rio Paranoá**

Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu

Bacia Hidrográfica do Rio Paranoá

Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto

Bacia Hidrográfica do Rio Corumbá

Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos

**Região Hidrográfica do Rio São Francisco**

Bacia Hidrográfica do Rio Preto

**Região Hidrográfica dos Rios Tocantins e Araguaia**

Bacia Hidrográfica do Rio Maranhão

Unidade Hidrográfica			
1	Alto Rio Samambaia	21	Ribeirão Jacaré
2	Alto Rio Maranhão	22	Ribeirão Jardim
3	Alto Rio Preto	23	Ribeirão Maria Pereira
4	Alto Rio São Bartolomeu	24	Ribeirão Papuda
5	Baixo Rio Descoberto	25	Ribeirão Ponte Alta
6	Baixo Rio São Bartolomeu	26	Ribeirão Rodeador
7	Córrego Bananal	27	Ribeirão Saia Velha
8	Córrego São Bernardo	28	Ribeirão Santa Rita
9	Lago Paranoá	29	Ribeirão Santana
10	Médio Rio Descoberto (até Rio Melchior)	30	Ribeirão Sobradinho
11	Médio Rio São Bartolomeu	31	Ribeirão Taboca
12	Rio da Palma	32	Rio Alagado
13	Riacho Fundo	33	Rio Descoberto
14	Ribeirão Cachoeirinha	34	Rio do Sal
15	Ribeirão da Contagem	35	Rio Jardim
16	Ribeirão das Pedras	36	Rio Melchior
17	Ribeirão do Gama	37	Rio Palmeiras
18	Ribeirão do Torto	38	Rio Pipiripau
19	Ribeirão Engenho das Lajes	39	Rio Santa Maria
20	Ribeirão Extrema	40	Rio Sonhém

Figura 3 – Unidades Hidrográficas e Regiões Hidrográficas do Distrito Federal e entorno (ADASA - Agência Reguladora de Águas, 2011)

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
 BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

Tabela 5 – Regiões Hidrográficas, Bacias Hidrográficas e Unidades Hidrográficas do Distrito Federal e entorno (ADASA-ECOPLAN, 2012)

Regiões Hidrográficas	Bacias Hidrográficas	Unidades Hidrográficas	Área Total (km <sup>2</sup> )	Área no DF (km <sup>2</sup> )	
Paraná	Rio Corumbá	Ribeirão Ponte Alta	228,9	208,0	
		Rio Alagado	407,6	47,6	
		Rio Santa Maria	203,8	23,3	
	<b>Total Rio Corumbá</b>			<b>840,2</b>	<b>278,8</b>
	Rio Descoberto	Baixo Rio Descoberto	202,6	98,2	
		Médio Rio Descoberto (até Rio Melchior)	158,6	64,6	
		Ribeirão das Pedras	99,8	99,8	
		Ribeirão Engenho das Lajes	97,6	74,9	
		Ribeirão Rodeador	116,6	116,6	
		Rio Descoberto	223,5	149,2	
		Rio Melchior	206,0	206,0	
	<b>Total Rio Descoberto</b>			<b>1.104,7</b>	<b>809,3</b>
	Rio Paranoá	Córrego Bananal	121,9	121,9	
		Lago Paranoá	337,0	337,0	
		Riacho Fundo	200,2	200,2	
		Ribeirão do Gama	149,9	149,9	
		Ribeirão do Torto	245,5	245,4	
	<b>Total Rio Paranoá</b>			<b>1.054,5</b>	<b>1.054,5</b>
	Rio São Bartolomeu	Alto Rio São Bartolomeu	211,5	211,5	
		Baixo Rio São Bartolomeu	328,5	286,66	
		Médio Rio São Bartolomeu	191,8	191,8	
		Ribeirão Cachoeirinha	102,5	102,5	
		Ribeirão Maria Pereira	102,0	46,1	
Ribeirão Papuda		73,6	73,6		
Ribeirão Saia Velha		287,5	52,2		
Ribeirão Santana		178,9	143,4		
Ribeirão Sobradinho		145,6	145,6		
Ribeirão Taboca		53,6	53,6		
Rio Pipiripau		231,8	210,9		
<b>Total Rio São Bartolomeu*</b>			<b>1.907,2</b>	<b>1.518,0</b>	
Rio São Marcos	Alto Rio Samambaia	103,7	47,1		
<b>Total Rio São Marcos</b>			<b>103,7</b>	<b>47,1</b>	
São Francisco	Rio Preto	Alto Rio Preto	605,5	209,7	
		Córrego São Bernardo	157,8	82,7	
		Ribeirão Extrema	255,3	255,3	
		Ribeirão Jacaré	180,0	180,0	
		Ribeirão Jardim	141,8	141,8	
		Ribeirão Santa Rita	105,5	78,9	

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
 BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

Regiões Hidrográficas	Bacias Hidrográficas	Unidades Hidrográficas	Área Total (km <sup>2</sup> )	Área no DF (km <sup>2</sup> )
		Rio Jardim	385,9	385,9
		<b>Total Rio Preto</b>	<b>1.831,7</b>	<b>1.334,2</b>
Tocantins/ Araguaia	Rio Maranhão	Alto Rio Maranhão	732,0	119,0
		Ribeirão da Contagem	146,0	144,6
		Rio da Palma	383,0	205,8
		Rio do Sal	515,2	135,6
		Rio Palmeiras	93,5	93,5
		Rio Sonhim	56,2	56,2
		<b>Total Rio Maranhão</b>	<b>1.918,9</b>	<b>754,6</b>
<b>Total da Área de Estudo</b>			<b>8.760,9</b>	<b>5.796,5</b>

\*A área apresentada não inclui a da bacia do Paranoá.

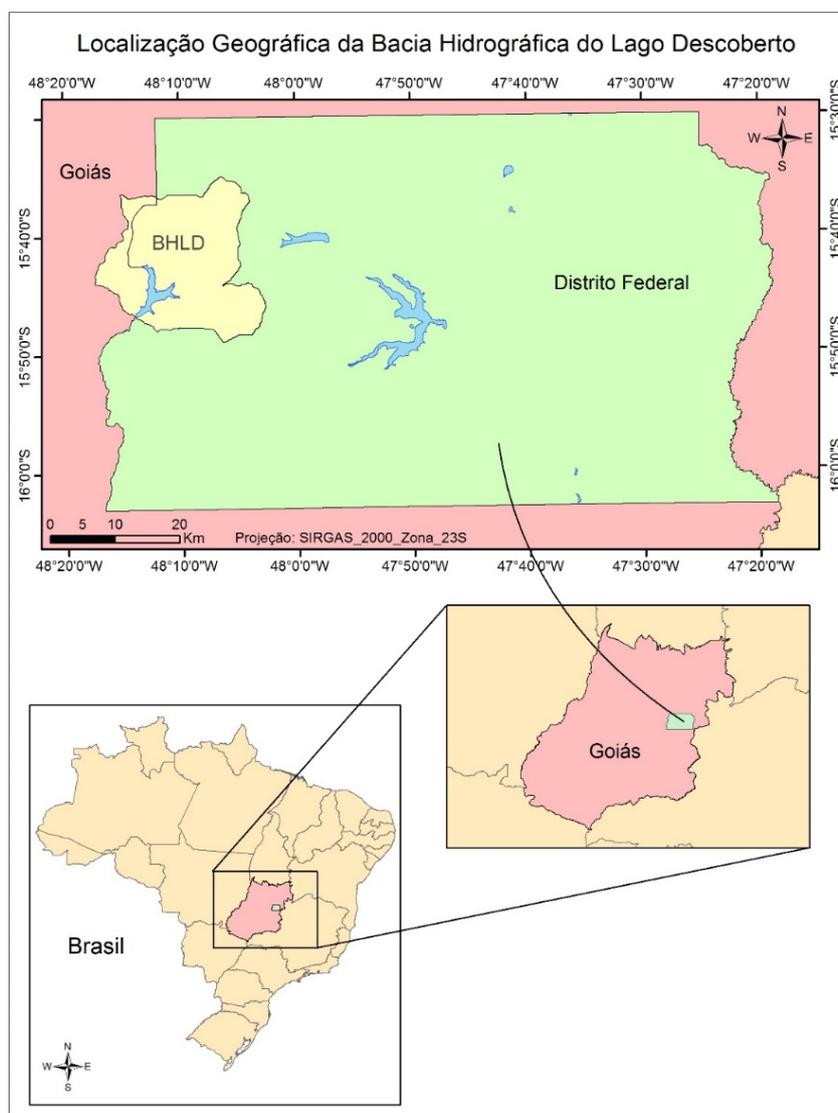


Figura 4 - Localização geográfica da bacia hidrográfica de estudo (alto Descoberto).

A bacia hidrográfica do Alto Descoberto, com seu exutório no eixo da barragem do Descoberto perfaz uma área de drenagem de cerca de 452 km<sup>2</sup>, sendo que aproximadamente 30% dessa área está no estado de Goiás (GO), compreendendo os municípios de Águas Lindas de Goiás (GO) e Padre Bernardo (GO) e 70% no Distrito Federal (DF), abrangendo as regiões administrativas de Brasilândia (RAIV), Ceilândia (RA IX) e de Taguatinga (RA III).

Para fins deste estudo, foram consideradas um total de 11 sub-baciais na região do Alto Descoberto, das quais, 6 sub-baciais são mais representativas e, juntas, compreendem a maior área de contribuição, com cerca de 79 % da área total da bacia hidrográfica do Alto Descoberto, a saber:

- Sub-bacia do Rio Descoberto (SBRD);
- Sub-bacia do Córrego Chapadinha (SBCC);
- Sub-bacia do Córrego Olaria (SBCO);
- Sub-bacia do Córrego Rodeador (SBCR);
- Sub-bacia do Córrego Capão Comprido (SBCCC); e
- Sub-bacia do Ribeirão das Pedras (SBRP).

As 5 sub-bacias restantes foram consideradas menos representativas, perfazendo cerca de 6% da área total de contribuição, são elas:

- Sub-bacia do Córrego Coqueiro (SBCCQ);
- Sub-bacia do Córrego Rocinha-Goiás (SBCRG);
- Sub-bacia do Córrego Rocinha-Distrito Federal (SBCRD);
- Sub-bacia do Córrego Buriti Chato (SBCBC); e
- Sub-bacia do Córrego do Meio (SBCMM).

A Figura 5 apresenta as sub-bacias supracitadas, a Tabela 6 mostra as respectivas áreas de drenagem, bem como os percentuais em relação à área total da bacia do Alto Descoberto. Ressalta-se que o somatório das áreas das sub-bacias listadas totaliza um valor um pouco inferior à referência de 452 km<sup>2</sup> mencionada, tal fato se deve a não consideração da área do espelho d'água e das porções adjacentes ao lago do Descoberto (que totalizam cerca de 15% da área total da bacia hidrográfica do Alto Descoberto), conforme se observa na Figura 5.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
 BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

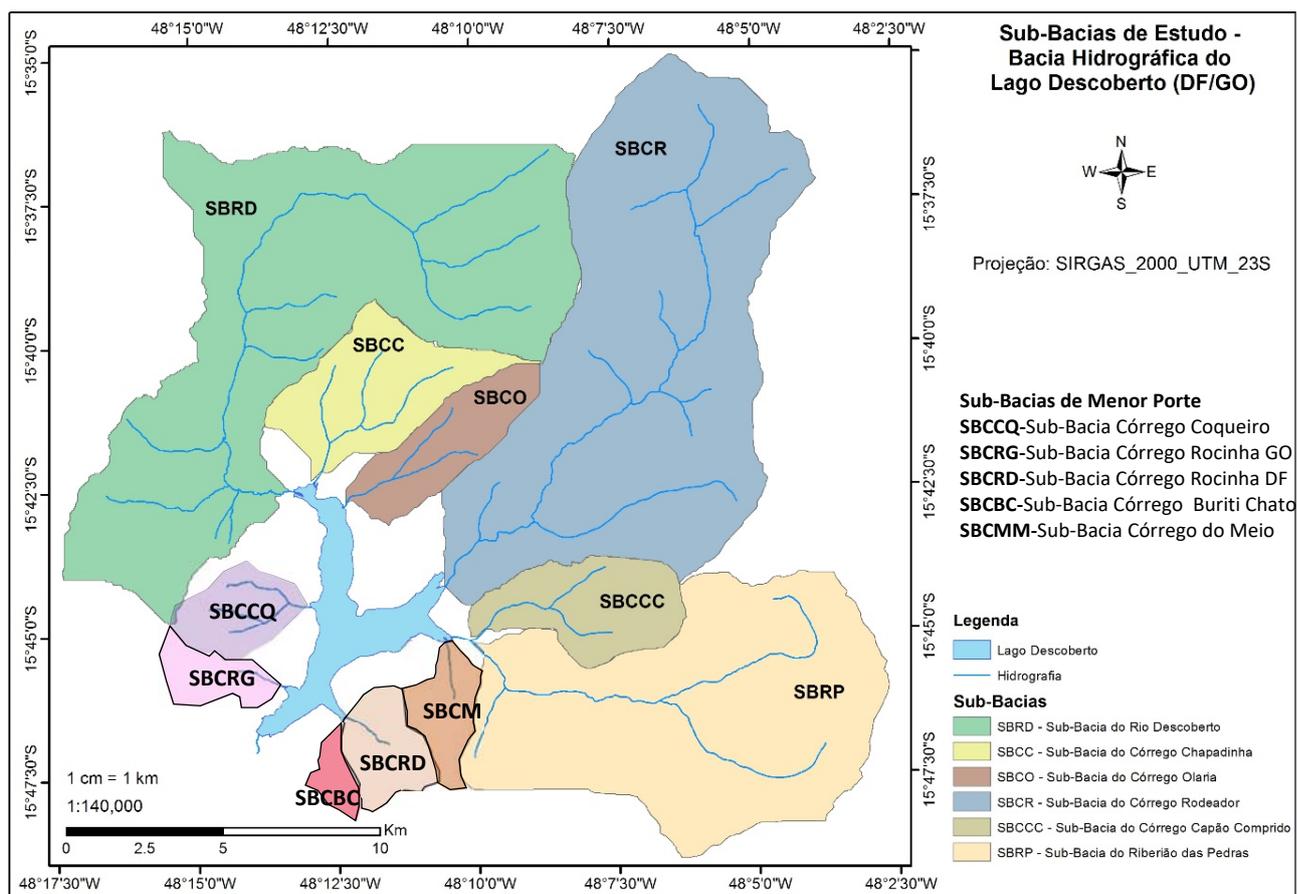


Figura 5 - Sub-bacias de estudo da bacia do Lago Descoberto.

Tabela 6 - Área de drenagem das sub-bacias de estudo e respectiva percentagem de ocupação na Bacia Hidrográfica do Alto Descoberto.

Sub-Bacia	Código	Área de Drenagem	
		Km <sup>2</sup>	% da Bacia do Alto Descoberto
Rio Descoberto	SBRD	113,83	25,18
Córrego Chapadinha	SBCC	20,47	4,53
Córrego Olaria	SBCO	13,28	2,94
Córrego Rodeador	SBCR	113,49	25,11
Córrego Capão Comprido	SBCC	16,24	3,59
Ribeirão das Pedras	SBRP	77,49	17,14
Córrego Coqueiro-GO	SBCCQ	8,00	1,77
Córrego Rocinha-GO	SBCRG	3,95	0,87
Córrego Rocinha-DF	SBCRD	6,19	1,37
Córrego Buriti Chato	SBCBC	5,58	1,23
Córrego do Meio	SBCMM	2,60	0,58
Reservatório e porções não representadas	-	70,88	15,68
<b>TOTAL</b>		<b>452,00</b>	<b>100,00</b>

## 5 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A descrição do uso e ocupação do solo busca representar o tipo de cobertura predominante na porção de solo de interesse, sendo possível identificar áreas urbanas de diferentes densidades de ocupação, solos expostos, bem como tipos de cobertura vegetal distintos. O mapa mostrado neste estudo categorizou os tipos de cobertura do solo em 19 classes de uso de solo característico, conforme apresentado na Tabela 7. A categorização empregada foi realizada com intuito de se obter informações referentes às ações antrópicas na bacia hidrográfica do rio Descoberto.

A bacia do Alto Descoberto concilia as necessidades de servir de área de captação para formação do lago Descoberto (um dos principais mananciais de abastecimento de água do Distrito Federal) e de produção de hortifrutigranjeiros.

O uso da área da bacia para fins agrícolas surgiu a partir do Projeto Integrado de Colonização Alexandre de Gusmão - PICAG, implantado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, na década de 1960, objetivando a fixação de agricultores não absorvidos pela mão de obra na construção civil, além de promover a instalação de um cinturão verde nas proximidades das cidades satélites.

Tendo em vista o crescimento do uso da área para fins agrícolas, com a finalidade de proteger os mananciais do avanço das ocupações humanas e, assim, garantir mínimas condições ecológicas aos recursos hídricos, em 1983, foi criado pelo Decreto Federal nº 88.940/1983, a Área de Proteção Ambiental da bacia do rio Descoberto-DF/GO (APA do Descoberto), abrangendo uma área de 39.100 hectares. Dessa forma, as imediações da área que compõem a bacia do Alto Descoberto destacam-se, de uma forma geral, pela presença de atividades agrícolas (agricultura e pecuária) desenvolvidas em pequenas propriedades rurais (chácaras), pela presença da APA do Descoberto e pelo reservatório do lago Descoberto, principal manancial responsável pelo abastecimento de mais da metade da população do Distrito Federal.

**Tabela 7 – Categorias de classificação de uso e ocupação do solo**

CATEGORIAS	DESCRIÇÃO
Áreas Urbanizadas Alta Densidade	Área de urbanização que apresentam mais de 70% de impermeabilização
Área Urbanizada Alta/Média Densidade	Áreas de urbanização que apresentam entre 50 e 70 % de impermeabilização

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

<b>CATEGORIAS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Áreas Urbanizadas Baixa/Média Densidade	Áreas de urbanização que apresentam entre 30 e 50 % de impermeabilização
Área Urbanizadas Baixa Densidade	Áreas de urbanização que apresentam menos que 30 % de impermeabilização.
Vias Pavimentadas	Rodovias e vias urbanas que apresentam sua superfície de rolamento com pavimento asfáltico ou de concreto.
Vias Não Pavimentadas	Rodovias, vias urbanas e vias rurais que não apresentam pavimento asfáltico ou de concreto
Áreas Preservadas/Cerrados	Áreas de cerrado e cerradão, de vegetação nativa com predomínio de espécies arbustivas, apresentando dossel contínuo.
Reflorestamento de Pinus	Áreas de plantio de árvores com finalidade comercial, com espécie do gênero Pinus.
Reflorestamento de Eucalipto	Áreas de plantio de árvores com finalidade comercial, com espécie do gênero Eucalyptus.
Culturas Anuais/Olericultura	Talhões de plantações de culturas temporárias e de ciclo anual
Culturas Perenes/Fruticultura	Área de cultura de plantas frutíferas, de ciclo perene.
Mata de Galeria	Áreas de vegetação típica ao longo das linhas de drenagem, localizando-se geralmente nos fundos dos vales, não apresentando caducifolia durante a estação seca e que apresenta uma superposição das copas.
Campo Limpo	Áreas com vegetação predominantemente herbáceo-arbustiva, com arbustos e subarbustos esparsos e algumas árvores
Áreas Vegetadas	Áreas de vegetação com altura média do estrato arbóreo entre 10 e 30 m, apresentando uma superposição das copas de modo a fornecer cobertura arbórea de 60 a 100%.
Solo Exposto	Áreas com retirada total da cobertura vegetal, incluindo solos em pousio.
Pastagem	Áreas com vegetação predominantemente herbáceo e algumas árvores esparsas
Áreas Degradadas / Cascalheiras	Áreas degradadas por intervenção antrópica. As cascalheiras são áreas de exploração de materiais de origem mineral.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02

CATEGORIAS	DESCRIÇÃO
Água / Pequenos Lagos / Açudes	Áreas que contém permanentemente uma quantidade variável de água.
Áreas Alagáveis / Campos de Murundus	Áreas predominadas por murundus (pequenas porções mais elevadas com espécies vegetais típicas do cerrado) e a porção rebaixada topograficamente, predominada por uma vegetação graminóide que sofre influência de inundações periódicas.

Dessa forma, a partir das 19 classes listadas na Tabela 7, com base no mapa de uso do solo do Distrito Federal (2013), na escala de 1:3000, e em imagens de Ortofotos de abril de 2013 (resolução espacial de 24 cm), disponibilizadas pela Terracap foi executada a demarcação dos polígonos das 19 classes com o emprego de software SIG (Sistemas de Informações Geográficas).

A Figura 6 apresenta o resultado obtido para o mapa de uso e ocupação do solo. Na Tabela 8, a seguir, são indicadas as áreas e os respectivos percentuais de ocupação em função de cada categoria de uso do solo considerada as seis principais sub-bacias de estudo.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
 BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

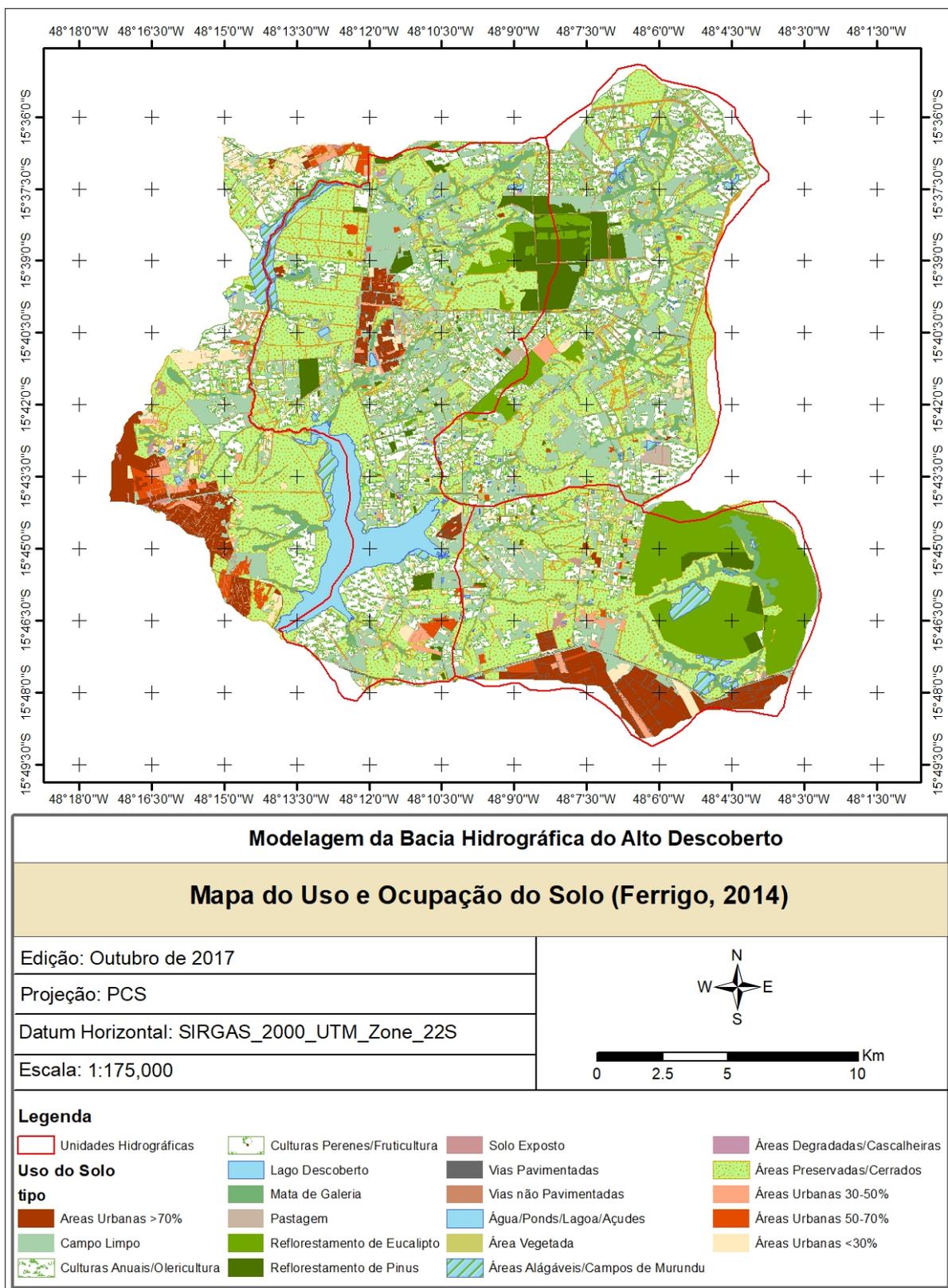


Figura 6 – Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Lago Descoberto.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
 PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
 BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02

Tabela 8 - Áreas e respectivos percentuais dos usos e ocupação do solo em cada sub-bacia de estudo.

Sub-Bacia	Áreas Urbanas Alta Densidade		Áreas Urbanas Alta/Média Densidade		Áreas Urbanas Baixa/Média Densidade		Áreas Urbanas Baixa Densidade		Vias Pavimentadas	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
SBRD	483,9	4,2	192,7	1,7	168,5	1,5	629,8	5,5	44,6	0,4
SBCC	192,9	9,4	18,4	0,9	42,1	2,1	120,6	5,9	154,4	7,5
SBCO	-	-	5,4	0,4	5,6	0,4	78,8	5,9	6,7	0,5
SBCR	9,9	0,1	22,8	0,2	54,2	0,5	318,2	2,8	49,0	0,4
SBCCC	15,5	1,0	3,3	0,2	15,9	1,0	89,9	5,5	26,8	1,7
SBRP	943,3	11,7	74,3	0,9	114,0	1,4	239,0	3,0	196,9	2,5
Sub-Bacia	Vias Não Pavimentadas		Áreas Preservadas / Cerrado		Reflorestamento Pinus		Reflorestamento Eucalipto		Agricultura / Plantas Anuais / Olericultura	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Ha	%
SBRD	306,3	2,7	4372,9	38,2	511,8	4,5	234,3	2,5	1871,0	16,4
SBCC	61,3	3,0	484,9	23,7	80,0	3,9	36,1	1,8	273,7	13,4
SBCO	32,5	2,5	206,1	15,5	8,2	0,6	29,9	2,3	446,5	33,7
SBCR	304,5	2,7	3638,2	32,1	542,4	4,8	380,7	3,4	2921,4	25,8
SBCCC	34,4	2,1	709,4	43,7	13,9	0,9	8,8	0,5	258,5	15,9
SBRP	62,0	0,8	2031,0	25,3	210,0	2,6	2457,7	30,6	341,7	4,3
Sub-Bacia	Agricultura / Plantas Perenes / Fruticultura		Mata de Galeria		Campo Limpo		Áreas Vegetadas / Vegetação Alterada		Solo Exposto	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
SBRD	224,7	2,0	564,1	4,9	1398,4	12,2	81,0	0,7	33,5	0,3
SBCC	33,2	1,6	101,0	4,9	386,2	18,9	30,9	1,5	13,0	0,6
SBCO	114,8	8,7	45,4	3,4	304,7	23,0	22,4	1,7	-	-
SBCR	237,7	2,1	616,3	5,4	1937,6	17,1	146,6	1,3	3,8	-
SBCCC	82,8	5,1	52,0	3,2	250,7	15,4	34,7	2,1	12,7	0,8
SBRP	36,2	0,5	385,3	4,8	687,2	8,5	15,4	0,2	22,9	0,3
Sub-Bacia	Pastagem		Áreas Degradadas / Cascalheiras		Água / Pequenos Lagos / Açudes		Áreas Alagáveis / Campos de Murundu			
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	ha	%		
SBRD	7,3	0,1	36,7	0,3	24,5	0,2	255,8	2,2		
SBCC	-	-	1,3	0,1	17,4	0,9	-	-		
SBCO	17,9	1,4	0,1	0,0	1,3	0,1	71,1	0,6		
SBCR	75,4	0,7	0,5	0,0	15,6	0,1	-	-		
SBCCC	11,5	0,7	-	-	2,9	0,2	-	-		
SBRP	1,4	0,0	6,3	0,1	9,2	0,1	209,3	2,6		

## 6 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E NORMAIS CLIMATOLÓGICAS

A classificação climática de Köppen-Geiger para a região Centro-Oeste do Brasil, que inclui o Distrito Federal, assim como a maior parte do estado de Goiás, indica para essa região predominância do clima tropical úmido (Aw). Esse clima é caracterizado por uma estação chuvosa no verão e uma estação seca no inverno, com média de precipitação maior que 1.100 mm de chuva por ano. A Figura 7 apresenta o mapa de classificação climática segundo critério de Köppen-Geiger para o Brasil.

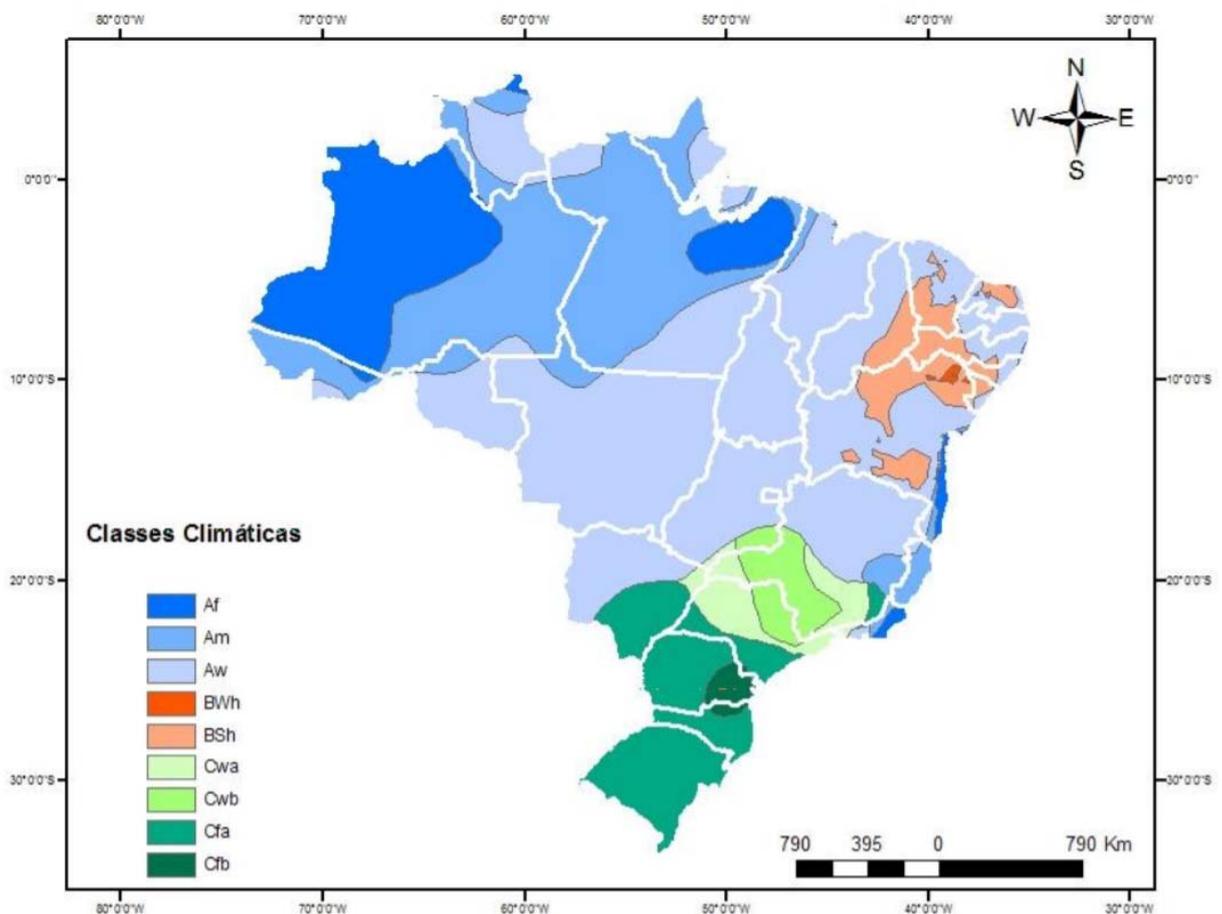


Figura 7 – Classificação climática do Brasil de Köppen-Geiger (Sampaio, et al., 2011)

Conforme referenciado no PGIRH (2012), o período chuvoso da região é controlado, principalmente, pelo transporte de umidade da região norte do país, que associado à passagem de frentes frias a partir da região sul/sudeste do país ou associados a processos convectivos favorecem a formação de nuvens e a ocorrência de chuvas. Já os processos convectivos ocorrem

devido ao intenso aquecimento da superfície terrestre, tornando a atmosfera mais instável, favorecendo os fluxos ascendentes e conseqüentemente a precipitação, quando há umidade disponível.

Ainda conforme PGIRH (2012) (ADASA-ECOPLAN, 2012), como as variações locais de precipitação não são relevantes na área de estudo, as diferenças climáticas baseiam-se principalmente nas variações de temperatura. Como referenciado no c documento, ocorrem os seguintes climas na área de estudo:

Aw – clima tropical com estação seca no inverno: apresenta temperatura do mês mais frio (julho) superior a 18° C e todos os meses restantes possuem temperaturas médias acima dos 18° C. Ocorre nas áreas mais baixas do Distrito Federal e Entorno Imediato, cujas cotas altimétricas são inferiores a 1.000 m.

Cwa – Clima temperado úmido com inverno seco e verão quente: caracterizado pela ocorrência de temperatura inferior a 18° C no mês mais frio (julho) e com média superior a 22° C nos meses mais quentes (setembro e outubro), predomina em áreas de altitudes em cotas entre 1.000 e 1.200 m.

Cwb – clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado: apresenta temperatura do mês mais frio (julho) inferior a 18° C e nos meses mais quentes (setembro e outubro), inferior a 22° C. Este tipo de clima predomina nas chapadas mais elevadas com altitudes superiores a 1.200 m.

Para a caracterização geral dos parâmetros climáticos na área de estudo foram utilizados os dados das Normais Climatológicas da estação climatológica de Brasília (Código: 83377) para o período de 1961 a 1990. A mesma está localizada na parte central do Distrito Federal (Figura 8), nas coordenadas 15°47'23.00" Sul e 47°55'33.00" Oeste e dispõe de dados de precipitação, evaporação, temperatura do ar, umidade relativa do ar, evaporação e velocidade do vento.

Conforme descreve a Organização Meteorológica Mundial (OMM), as Normais são definidas como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” e padrões climatológicos normais como “médias de dados climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 anos. Dessa forma, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) apresenta para várias estações os valores dos parâmetros normais para intervalos de 30 anos. Neste trabalho são apresentados os valores normais das variáveis climáticas de interesse considerando o período de 1961 a 1990.

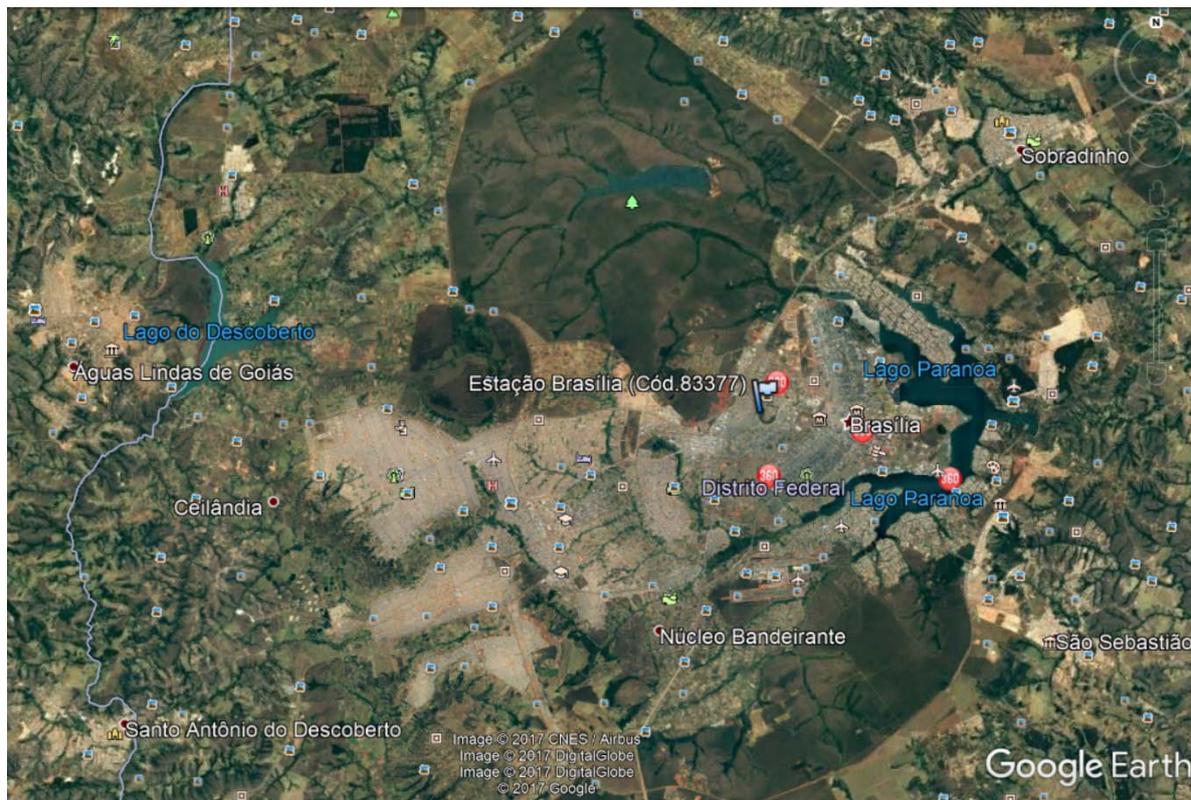


Figura 8 – Localização da estação climatológica Brasília (Cód.83377)

## 6.1 - PRECIPITAÇÃO

Como pode ser observado na Figura 9 as médias de precipitação são inferiores a 50 mm entre os meses de maio a agosto, enquanto os meses de novembro a fevereiro apresentam médias superiores a 200 mm.

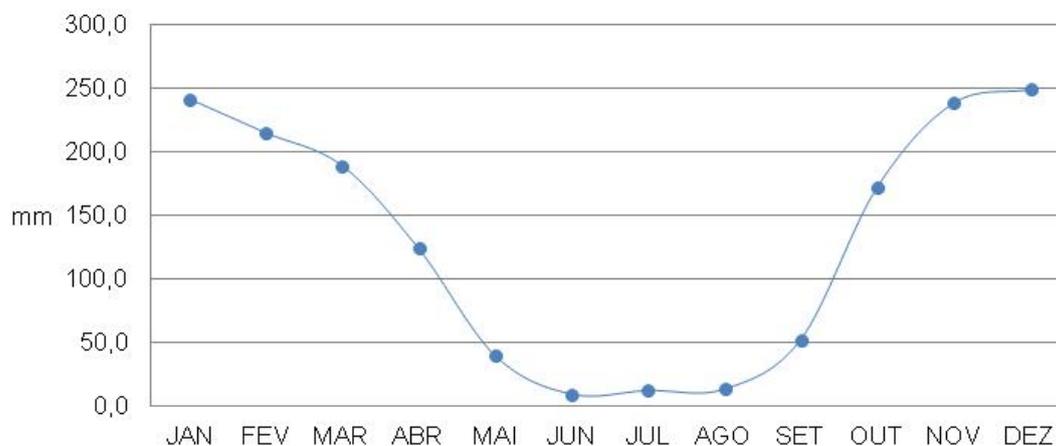


Figura 9 – Média das precipitações mensais -Normais Climatológicas (1961-1990)

## 6.2 - TEMPERATURA DO AR

Conforme se constata a partir das temperaturas médias indicadas nas normais climatológicas da Estação Brasília, as menores temperaturas médias ocorrem nos meses junho e julho chegando a cerca de 19 °C, enquanto as maiores ocorrem nos meses de setembro e outubro, ultrapassando 22 °C (Figura 10).

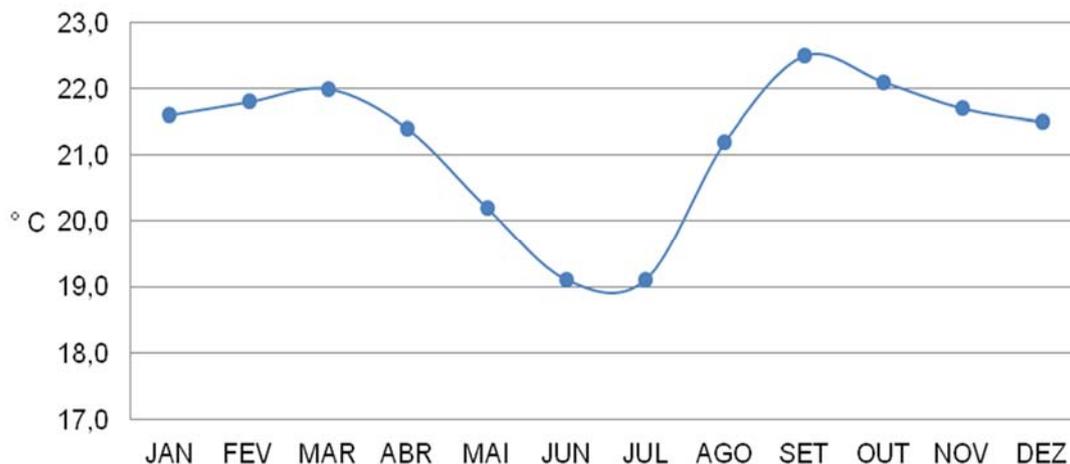


Figura 10 – Temperatura média mensal – Normais Climatológicas (1961-1990)

## 6.3 - UMIDADE RELATIVA DO AR

Em relação à umidade relativa do ar média, agosto é o mês com menor umidade relativa do ar, possuindo valor inferior a 50%, enquanto os meses de dezembro a abril apresentam os maiores valores médios, acima de 75% (ADASA-ECOPLAN, 2012)

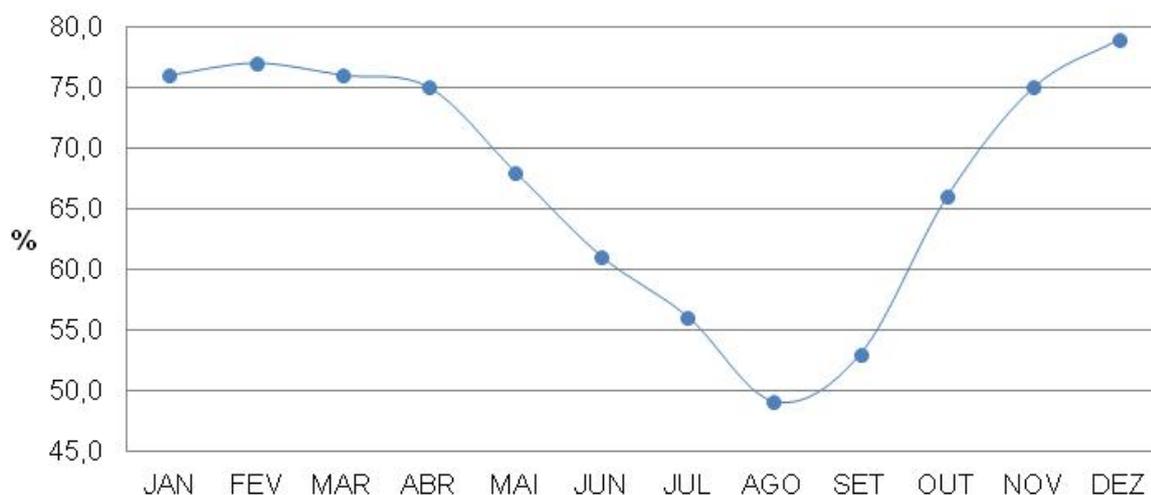


Figura 11 – Umidade relativa do ar -Normais Climatológicas (1961-1990)

## 6.4 - EVAPORAÇÃO

Os valores de evaporação média mensal para o tanque classe A são apresentados na Figura 12, a seguir. Observa-se que os maiores valores (acima de 150 mm) ocorrem no trimestre mais seco do ano (Julho-Agosto-Setembro).

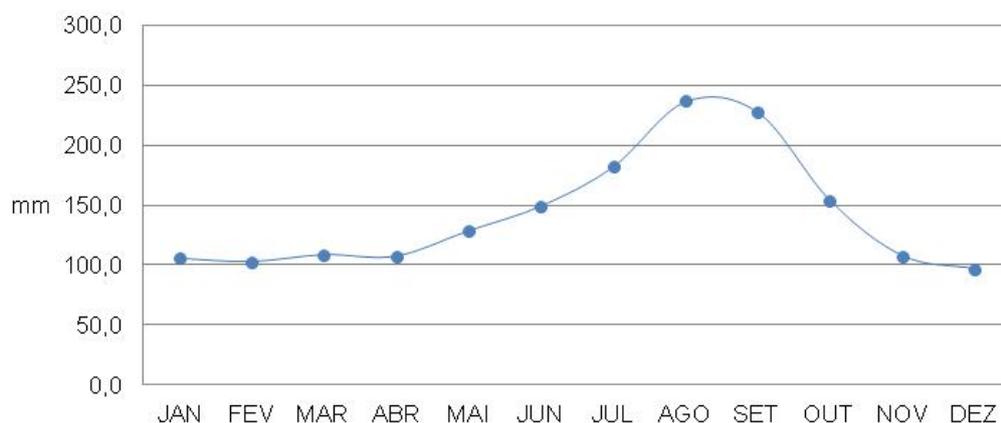


Figura 12 – Evaporação tanque classe A -Normais Climatológicas (1961-1990)

## 6.5 - INSOLAÇÃO

A insolação corresponde ao número de horas de brilho solar em cada mês sendo determinada a partir da nebulosidade. As maiores médias de insolação coincidem com o período seco atingindo valores superiores a 260 horas de brilho de sol por mês (Figura 13).

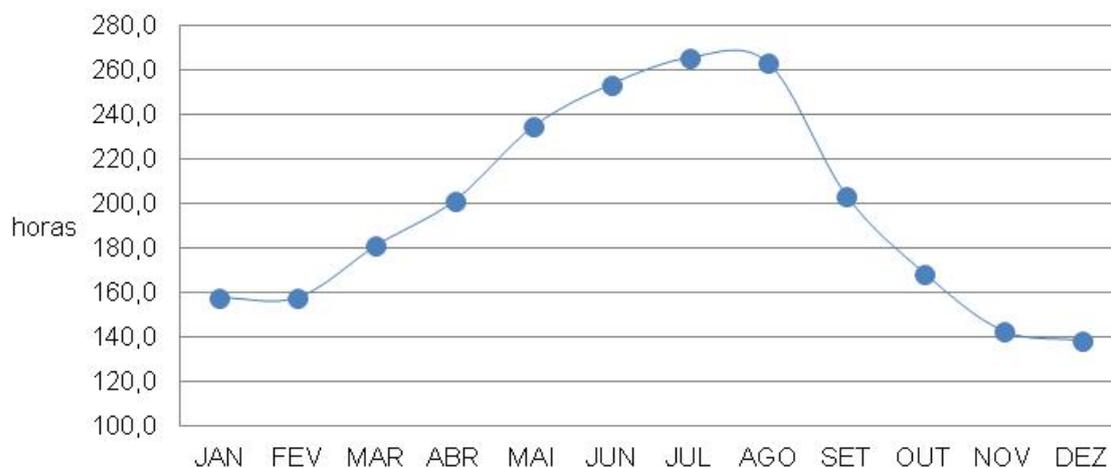


Figura 13 – Horas de insolação por mês -normais Climatológicas (1961-1990)

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02

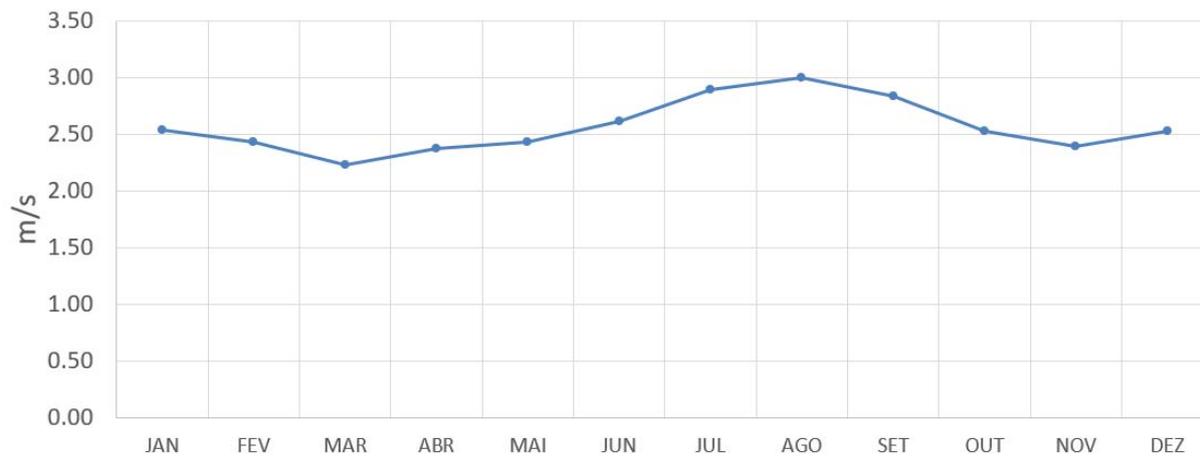


Figura 14 – Velocidade média do vento -Normais Climatológicas (1961-1990)

## 7 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

A região do Distrito Federal é formada pelos grupos Canastra (15% da área – filitos/corpos lenticulares de mármore e quartzitos), Paranoá (65% da área - Quartzito/Metassiltitos/Ardósias/Metarritmito/Unidade Psamo-pelito-carbonatada), Araxá (5% da área-xistos) e Bambuí (15% da área-metassiltitos e arcóseos) (Neumann, 2012).

A bacia hidrográfica do Alto Descoberto tem a maior parte de sua área sobre o grupo Paranoá, havendo prevalência de Metarritmito argiloso e algumas ocorrências de Quartzitos médios conforme pode-se observar no mapa geológico apresentado na Figura 15.

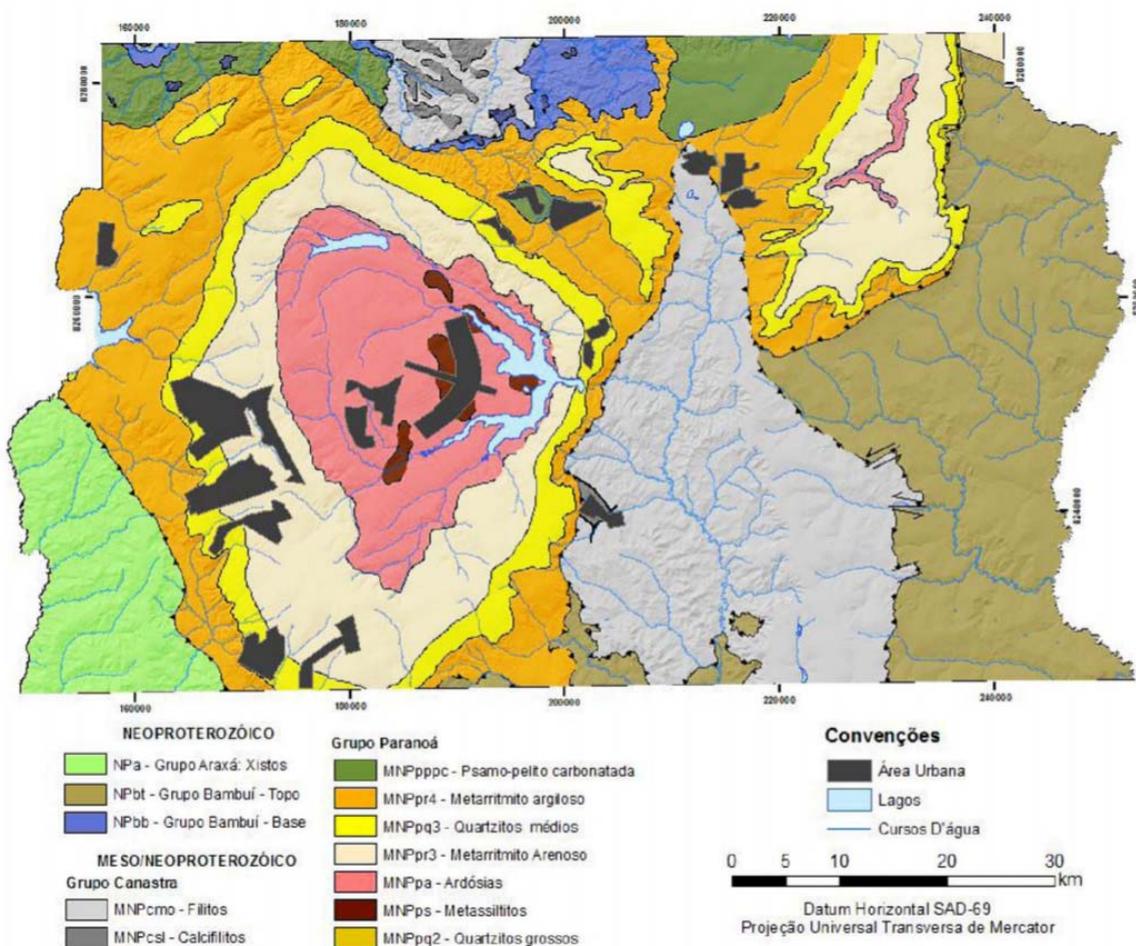


Figura 15 – Mapa Geológico do Distrito Federal ( Neumann, 2012, *apud* Freitas-Silva & Campos, 1998)

## 8 - CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA

A caracterização pedológica apresentada neste trabalho é aquela apresentada por Ferrigo (2014) com base em Reatto, *et al.* (2003), tendo em vista o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Os tipos de solos que predominam na região de estudo são o Latossolo Vermelho (LV), que ocupa 34,09% da área de estudo e o Latossolo Vermelho-Amarelo que ocupa 36,58% da área da bacia do Alto Descoberto. Juntas essas duas classes de solo totalizam cerca de 71% da área total de estudo. Apesar de serem solos bem estruturados e com boa drenagem, quando se encontram desnudos, tornam-se altamente suscetíveis à erosão (EMBRAPA, 2006).

Aproximadamente 14% da área é representada por Cambissolo (C), que ocupa as porções mais elevadas da paisagem, associadas a relevos mais movimentados. É um solo que apresenta um horizonte subsuperficial submetido a pouca alteração física e química, porém suficiente para o desenvolvimento de cor e estrutura. Geralmente apresenta minerais primários facilmente intemperizáveis e teores mais elevados de silte.

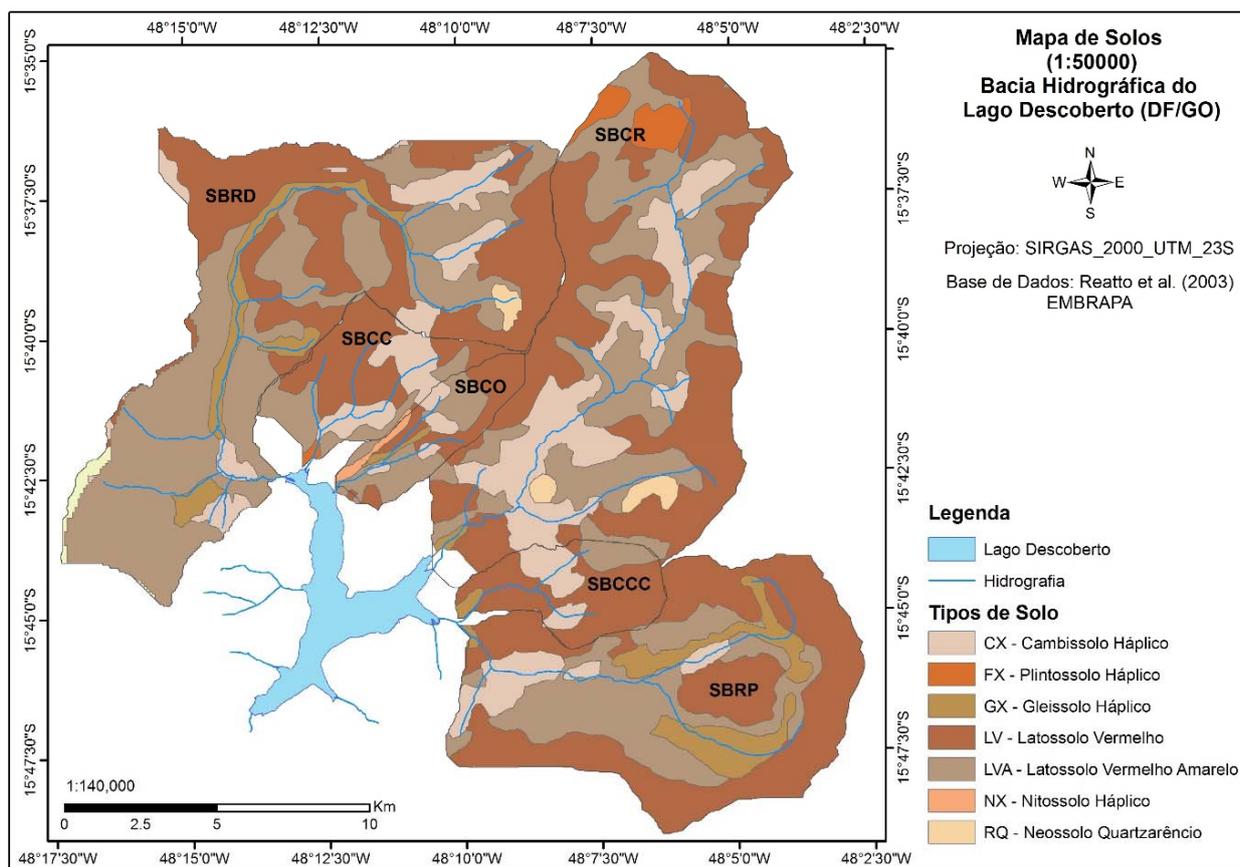
O Gleissolo Háptico (GX), que perfaz 3,38% da bacia, caracteriza-se por ser um solo hidromórfico e ocupa, geralmente, as depressões da paisagem sujeitas à inundação com baixa capacidade de percolação.

A bacia do Alto Descoberto possui ainda apresenta 1,58% de Gleissolo Melânico, 1,11% de Plintossolo, 0,5% de Neossolo Flúvico, 0,24% Nitossolo Háptico, 0,17% de Neossolo Quartzarênico.

O mapa de solos utilizado no estudo foi disponibilizado pela Embrapa Cerrados (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). O mapa é resultado de um trabalho feito em conjunto com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, e foi desenvolvido em 2003 o levantamento de reconhecimento de solos de alta intensidade do alto curso do rio Descoberto, DF/GO em escala 1:50.000.

O mapa de solo das sub-bacias de estudo é apresentado na Figura 16. As respectivas áreas e percentagem de cada tipo de solo em cada sub-bacia são mostradas na Tabela 9 e na Tabela 10, considerando as unidades hidrográficas.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
 BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**



**Figura 16 – Mapa pedológico – Bacia do Alto Descoberto**

Tabela 9 - Áreas e respectivos percentuais de cada tipo de solo nas principais sub-bacias de estudo.

Sub-Bacia	Tipos de Solo													
	LV		LVA		CX		NX		RQ		FX		GX	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Descoberto	41.7	36.4	55.4	48.6	9.1	8.0	-	-	0.9	0.8	-	-	7.3	6.4
Chapadinha	10.2	49.9	4.9	23.8	5.0	24.5	-	-	-	-	2.7	1.3	0.1	0.4
Olaria	5.0	37.9	5.5	41.5	1.5	11.4	0.1	0.7	-	-	6.8	5.8	0.4	3.4
Rodeador	46.3	40.8	38.9	34.3	22.1	19.5	-	-	2.0	1.8	3.7	3.3	0.4	0.4
Capão Comprido	10.7	65.6	1.9	11.5	3.3	20.2	-	-	-	-	-	-	0.4	2.7
Pedras	41.7	51.9	22.9	28.5	6.0	7.4	-	-	-	-	-	-	9.8	12.2
Rocinha GO	-	-	1.8	44.9	2.2	55.1	-	-	-	-	-	-	-	-
Rocinha DF	0.4	-	0.7	32.9	1.0	47.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Meio	0.0	-	3.2	53.8	2.7	45.8	-	-	-	-	-	-	-	-
Coqueiro	1.0	-	3.7	45.6	3.3	41.5	-	-	-	-	-	-	-	-
Buriti Chato	0.8	-	3.8	76.4	0.3	6.9	-	-	-	-	-	-	0.7	14.4

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA  
 BACIA DO ALTO DESCOBERTO – REV-02**

Tabela 10 - Áreas e respectivos percentuais de cada tipo de solo nas em cada Unidade Hidrográfica

Unidade Hidrográfica	Tipos de Solo													
	LV		LVA		CX		NX		RQ		FX		GX	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Descoberto	52.1	36.1	63.7	44.1	18.9	13.1	0.9	0.6	0.9	0.6	0.7	0.5	7.2	5.0
Rodeador	44.1	39.3	38.5	34.3	22.3	19.8	-	-	2.0	1.8	5.0	4.4	0.5	0.4
Pedras	51.9	53.9	24.7	25.7	9.1	9.4	-	-	-	-	-	-	10.6	11.0

## 9 - DISPONIBILIDADE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Foram levantadas 14 estações pluviométricas na região de estudo, listadas na Tabela 11. As estações Radiobrás, Descoberto Barragem, Águas Lindas de Goiás Mansões Centro Oeste e Águas Lindas de Goiás Prefeitura, embora estejam indicadas no banco de dados não possuem dados disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos da Ana. Para o estudo foram consideradas um total de 7 estações pluviométricas (números 1 a 7) para caracterização do regime pluviométrico na bacia do Alto Descoberto. Essas estações possuem pluviômetros que coletam dados diários de chuva que podem ser acessados a partir do banco de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos -SNIRH no portal Hidroweb (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb>). Na Tabela 11 são expostas as informações básicas de localização das estações levantadas. A disponibilidade temporal de dados, incluindo os períodos de falha é apresentada na Figura 17. A disposição espacial das estações selecionadas em relação às principais sub-bacias de estudo é apresentada na Figura 18.

Tabela 11 -Estações pluviométricas considerados para o estudo

Número	Código	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	1548007	ETA Brazlândia	15° 41' 3"	48° 12' 27"	1098
2	1548000	Brazlândia Quadra 18	15° 40' 16"	48° 13' 19"	1106
3	1548008	Descoberto	15° 46' 49"	48° 13' 49"	1061
4	1548006	Taguatinga ETA RD	15° 47' 23"	48° 06' 46"	1269
5	1548009	Jatobazinho	15° 42' 43"	48° 5' 33"	1205
6	1548013	Fazenda Santa Elisa	15° 35' 48"	48° 2' 35"	1205
7	1547018	Jockey Club	15° 48' 21"	47° 59' 53"	1103
8	1548015	Capão da Onça	15° 39' 0"	48° 9' 0"	1155
9	1548012	UnB	15° 44' 20"	48° 6' 25"	1003
10	1548041	Radiobrás	15° 35' 57"	48° 7' 54"	1300
11	1548053	Descoberto Barragem	15° 46' 40"	48° 13' 53"	1032.97
12	1548044	Águas Lindas de Goiás Mansões Centro Oeste	15° 43' 59"	48° 16' 30"	1180
13	1548046	Águas Lindas de Goiás Prefeitura	15° 45' 15"	48° 15' 12"	1184
14	1548051	RAP-Vicente Pires	15° 47' 04"	48° 02' 55"	1259

Ressalta-se que das estações listadas, as estações Descoberto, Taguatinga ETA e ETA Brazlândia encontram-se em operação atualmente, enquanto as estações Jockey Club, Fazenda

Santa Elisa, Brazlândia Quadra 18 e Jatobazinho não se encontram ativas. O histórico inicial de dados da maioria das estações (exceto da estação Fazenda Santa Elisa) se inicia na década de 70, e possui falhas ao longo do período de monitoramento. A Tabela 12 resume os valores médios de precipitação para os períodos disponíveis em cada estação, bem como os valores máximos das médias registradas. A Figura 19 e a Figura 20 apresentam as informações indicadas na Tabela 12 de forma gráfica.



PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO  
DESCOBERTO

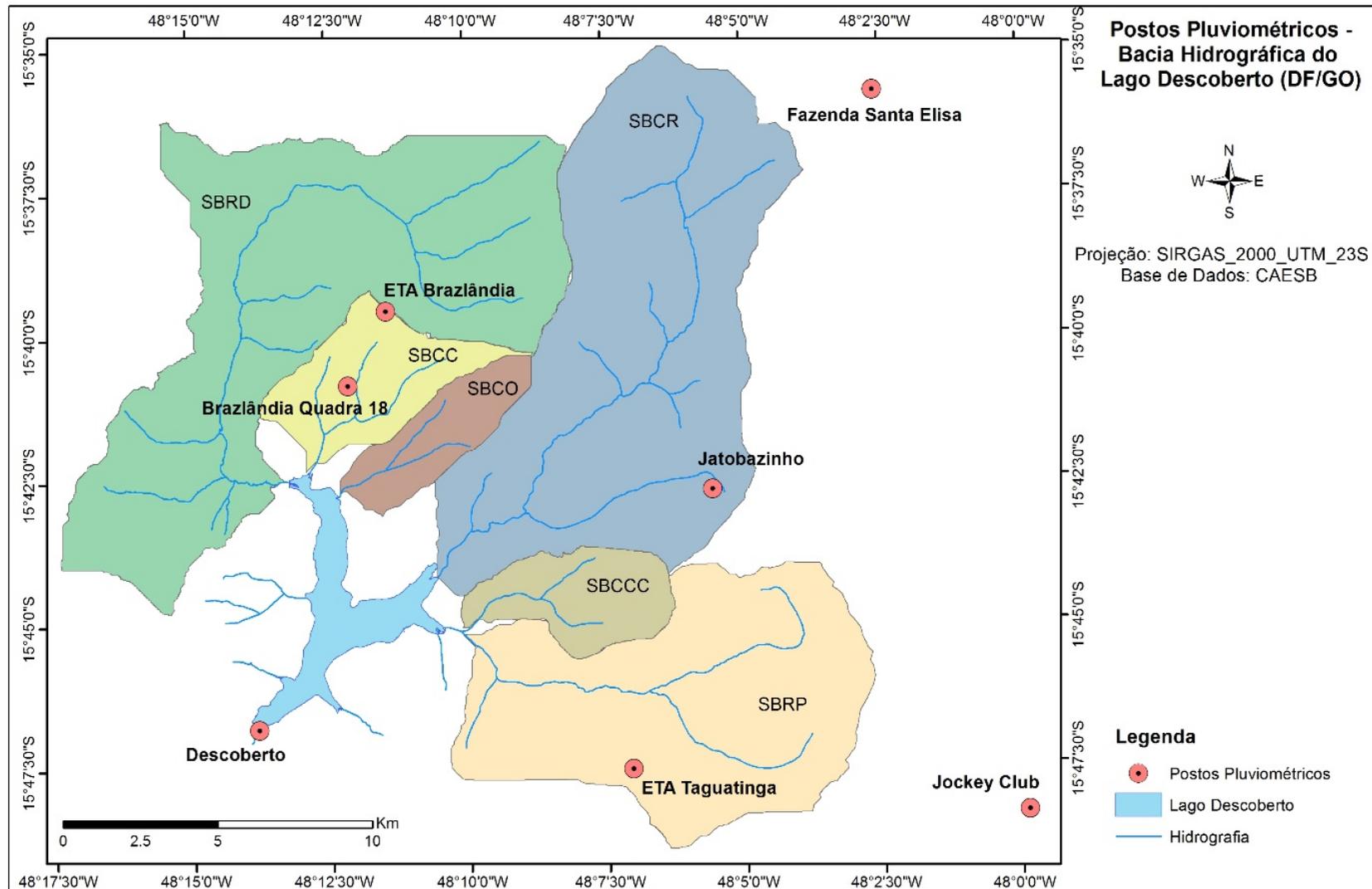


Figura 18 – Estações pluviométricas – Bacia do Alto Descoberto (Ferrigo, 2014)

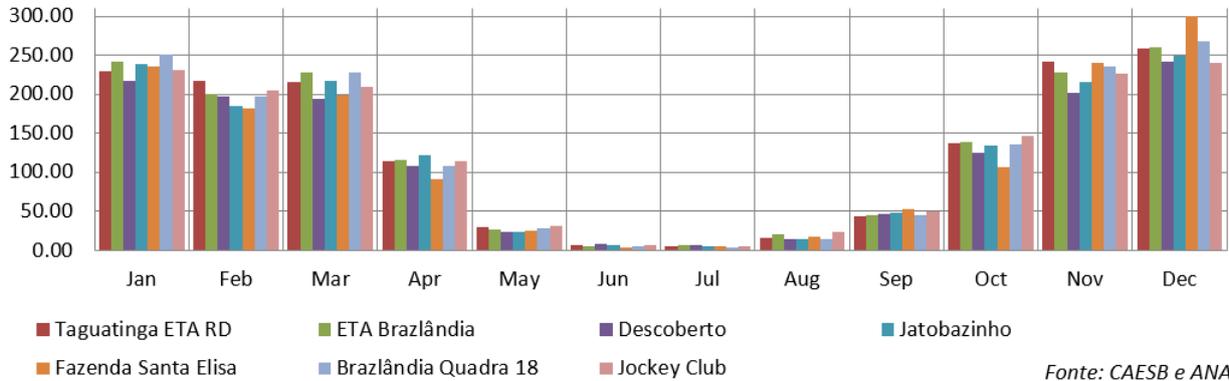
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO  
DESCOBERTO**

Tabela 12 -Precipitações médias mensais e máximas médias mensais para as estações levantadas em mm

<b>Estação</b>	<b>Variável</b>	<b>Jan</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Apr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Aug</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>	<b>Total</b>
<b>Santa Maria</b>	<b>Média</b>	198.60	161.26	177.89	98.29	26.87	5.25	3.21	15.15	38.85	127.99	199.19	201.46	1263.68
	<b>Máxima</b>	486.50	336.90	390.40	320.50	84.20	52.50	56.70	67.90	94.70	473.50	486.70	557.50	557.50
<b>Taguatinga ETA RD</b>	<b>Média</b>	230.29	216.48	215.27	114.72	29.20	6.01	4.99	15.36	43.14	136.66	241.76	258.42	1509.54
	<b>Máxima</b>	396.40	427.00	428.60	294.50	95.10	32.40	74.00	79.80	117.10	426.90	373.50	566.20	566.20
<b>ETA Brazlândia</b>	<b>Média</b>	241.93	200.02	228.29	115.36	26.90	5.58	6.12	20.12	45.31	138.57	227.51	260.38	1491.51
	<b>Máxima</b>	500.10	411.20	433.90	341.10	96.80	33.40	72.90	167.00	136.30	387.80	430.90	648.00	648.00
<b>Descoberto</b>	<b>Média</b>	216.87	197.07	193.68	107.95	23.30	7.35	6.79	14.89	46.34	125.02	202.20	241.46	1382.70
	<b>Máxima</b>	451.20	446.80	368.70	224.80	82.60	57.20	68.40	66.80	160.80	335.20	366.60	479.30	479.30
<b>Jatobazinho</b>	<b>Média</b>	239.43	185.14	217.45	122.19	24.16	6.54	5.03	14.06	48.21	133.61	216.38	249.99	1438.12
	<b>Máxima</b>	513.00	340.80	411.60	270.10	71.20	41.60	82.60	51.80	204.30	356.40	375.40	599.60	599.60
<b>Fazenda Santa Elisa</b>	<b>Média</b>	235.00	182.44	199.43	91.81	24.36	3.87	4.90	17.05	51.97	105.95	241.04	300.26	1464.96
	<b>Máxima</b>	443.20	441.40	403.20	218.00	81.00	29.90	76.20	60.80	139.40	397.50	432.00	825.80	825.80
<b>Brazlândia Quadra 18</b>	<b>Média</b>	250.56	196.88	227.82	107.92	27.39	5.77	4.01	14.05	45.27	135.58	235.00	267.47	1517.73
	<b>Máxima</b>	516.70	484.10	516.00	282.00	99.40	35.40	56.00	68.30	136.20	480.00	420.40	724.00	724.00
<b>Jockey Club</b>	<b>Média</b>	231.35	204.57	209.97	113.53	31.77	6.57	5.61	23.15	49.34	146.60	225.89	240.18	1488.52
	<b>Máxima</b>	454.20	392.00	458.60	240.60	90.00	33.40	80.20	101.60	144.60	544.80	401.90	471.10	544.80

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

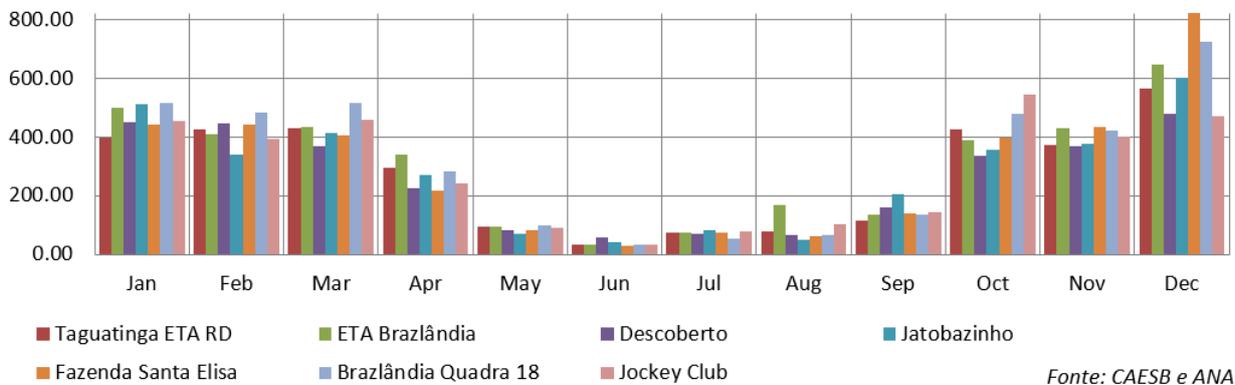
**Precipitação Média Mensal da Série Histórica**



**Figura 19 – Estações pluviométricas – Bacia do Alto Descoberto**

Como pode ser observado na figura 12, os meses de maio a setembro o Distrito Federal apresenta as menores médias mensais, chegando a apresentar em algumas estações precipitações mensais da ordem de 5 mm/mês.

**Máxima Média Mensal de Chuva da Série Histórica**



**Figura 20 – Estações pluviométricas – Bacia do Alto Descoberto (Ferrigo, 2014)**

Nos meses chuvosos a precipitação máxima mensal em estações como Fazenda Elisa chegam a valores superiores a 850 mm/mês.

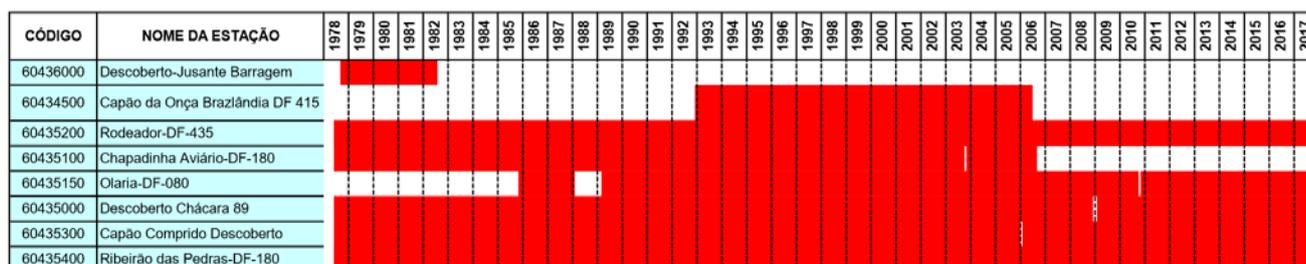
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**10 - DISPONIBILIDADE DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS**

Para caracterizar a disponibilidade de dados pluviométricos na bacia do Alto Descoberto foram levantadas as estações fluviométricas com dados disponíveis no banco de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos -SNIRH no portal Hidroweb (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb>). A Tabela 13 apresenta a listagem das estações com dados disponíveis com histórico acima de dez anos. Para o estudo, foram selecionadas 6 estações fluviométricas que estão posicionadas próximas aos exutórios das principais sub-bacias de interesse deste estudo (estações de número 1 a 6). Essas estações possuem dados diários de vazão que podem ser acessados a partir do banco de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos -SNIRH no portal Hidroweb (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb>). A Figura 21 apresenta o período de disponibilidade de dados das estações listadas na Tabela 13. A disposição espacial das 6 estações selecionadas é apresentada na Figura 22.

Tabela 13 -Estações pluviométricas considerados para o estudo

Número	Código	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (Km) <sup>2</sup>
1	60435000	Descoberto-Chácara 89	15° 42' 27"	48° 14' 5"	113.23
2	60435100	Chapadinha Aviário DF180	15° 41' 58"	48° 12' 42"	20.13
3	60435150	Olaria-DF-080	15° 42' 31"	48° 11' 58"	12.12
4	60435200	Rodeador-DF 435	15° 43' 30"	48° 10' 6"	111.96
5	60435300	Capão Comprido- Descoberto	15° 44' 46"	48° 9' 47"	15.51
6	60435400	Ribeirão das Pedras-DF-180	15° 45' 39"	48° 9' 36"	76.15
7	60436000	Descoberto Jusante Barragem	15° 46' 44"	48° 13' 59"	433.49
8	60434500	Capão da Onça Brazlândia DF-415	15° 38' 21"	48° 10' 58"	20.99



**Figura 21 – Disponibilidade de dados das estações fluviométricas**

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

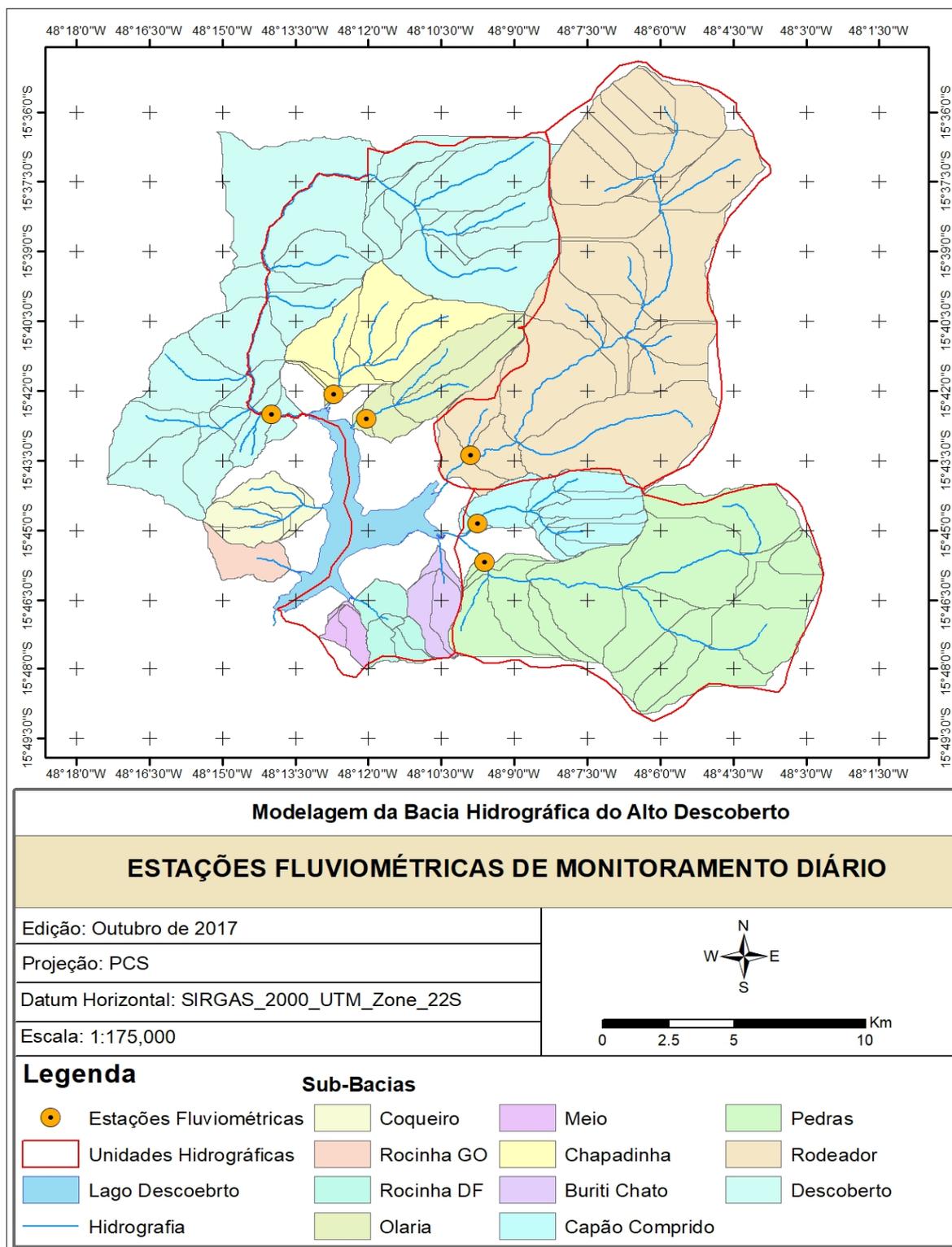


Figura 22 - Postos fluviométricos de medições diárias nas sub-bacias.

O monitoramento fluviométrico é feito pela CAESB nos seguintes pontos: córrego Rodeador, rio Descoberto, córrego Capão Comprido, córrego Chapadinha, Ribeirão das Pedras e córrego Olaria. Além de medições diárias da vazão do rio Descoberto à jusante da barragem. Com exceção do córrego Olaria,

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

cujo os dados de vazão observadas são até 2014; os demais pontos de monitoramento possuem dados de 1978 a 2016.

As bacias não monitoradas tiveram seus dados de vazão determinados a partir do modelo hidrológico de chuva x vazão, SWAT.

Bacia Hidrográfica	Monitorada	Não Monitoradas
Córrego Descoberto	Dados ANA/CAESB	
Córrego Chapadinha	Dados ANA/CAESB	
Córrego Olaria	Dados ANA/CAESB	
Córrego Rodeador	Dados ANA/CAESB	
Córrego Capão Comprido	Dados ANA/CAESB	
Ribeirão das Pedras	Dados ANA/CAESB	
Córrego Buriti Chato		Determinação de Vazão com utilização do SWAT.
Ribeirão Coqueiro		Determinação de Vazão com utilização do SWAT.
Ribeirão do Meio		Determinação de Vazão com utilização do SWAT.
Ribeirão Rocinha DF		Determinação de Vazão com utilização do SWAT.

### 10.1 - PREENCHIMENTO DE FALHAS

Neste estudo definiu-se o período de Janeiro/1980 a Dezembro/2016 para a reconstituição das séries de vazões médias mensais e considerou-se o exutório das 11 sub-bacias apresentadas na Figura 5. Para as 6 bacias que dispunham de estações com série de dados de vazões nos exutórios das bacias de interesse, conforme indicado na **Figura 22** (SBRD, SBCC, SBCO, SBCR, SBCCC e SBRP), optou-se por preservar ao máximo os dados medidos, sendo as falhas de observação mensais preenchidas a partir de uma das seguintes formas:

- Para estações com falhas pontuais (lacunas de poucos meses ao longo de todo o histórico) optou-se pelo uso da própria média do mês de referência para o preenchimento;
- Para estações com diversos meses de falha em sequência fez-se uso de um modelo de regressão linear com uma das 8 estações com dados disponíveis que obtivesse o

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ), tendo em vista que a análise indicou significativa correlação entre as estações.

Para as 5 estações sem dados de séries históricas observadas empregou-se o modelo chuva-vazão SWAT para a construção das séries sintéticas utilizando parâmetros regionalizados a partir dos dados das estações existentes. A seguir, apresentam-se as séries finais obtidas para as 11 estações citadas, considerando os critérios de reconstituição das séries descritos acima.

## **10.2 - DISPONIBILIDADE FLUVIOMÉTRICA PARA BACIAS MONITORADAS**

Conforme mencionado anteriormente as vazões médias mensais das bacias monitoradas serão apresentadas para o período de janeiro/1980 a dezembro de 2016, e as falhas preenchidas conforme metodologia apresentada.

### **10.2.1 - SUB BACIA DO CÓRREGO DESCOBERTO**

O rio Descoberto recebe este nome a partir da junção do córrego Capão da Onça com o córrego Barroão, a uma cota de aproximadamente 1.250m. A partir da confluência, evolui para o sul, recebendo influência dos córregos Zé Pires, Cortado, Sumido e Lajinha, formando assim a represa do Descoberto na cota de 1.030m. Após a represa o rio passa por Santo Antônio do Descoberto e desagua no rio Corumbá. Com seu exutório a montante do lago a sub-bacia do rio Descoberto apresenta uma área de drenagem de aproximadamente 113,83 km<sup>2</sup>. A vazão média diária do rio Descoberto na seção de entrada no lago é apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde é possível observar o seu comportamento ao longo da série histórica. A vazão média mensal do rio Descoberto 2,14 m<sup>3</sup>/s.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

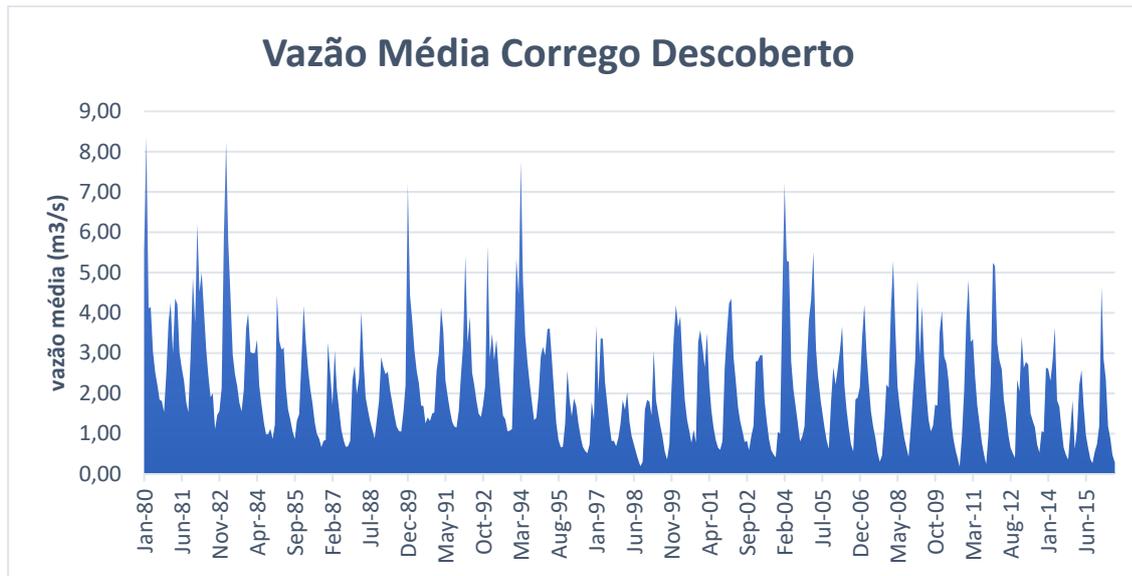


Figura 23 – Vazões médias mensais na bacia do rio Descoberto

Tabela 14 -Vazões médias mensais estabelecidas para Jan/1980 a Dez/2016 – Estação Descoberto-Chácara 89 (Cód.60435000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1980	5.53	8.38	4.11	4.15	3.04	2.52	2.20	1.84	1.81	1.54	2.49	3.77	3.45
1981	4.25	2.99	4.35	4.21	3.01	2.63	2.31	1.78	1.53	2.95	4.87	3.75	3.22
1982	6.21	4.51	5.00	4.06	3.09	2.46	1.90	2.00	1.11	1.47	1.56	2.13	2.96
1983	5.93	8.25	5.78	4.41	2.96	2.47	2.18	1.77	1.55	2.09	3.61	3.99	3.75
1984	3.02	2.99	3.00	3.33	2.19	1.72	1.29	0.98	0.98	1.12	0.87	1.22	1.89
1985	4.43	3.32	3.09	3.13	2.12	1.60	1.34	1.06	0.86	1.32	1.48	2.81	2.21
1986	4.16	3.25	2.62	2.10	1.75	1.27	1.00	0.88	0.66	0.82	0.84	3.26	1.88
1987	2.50	1.71	3.06	2.11	1.59	1.10	0.84	0.68	0.68	0.82	2.33	2.68	1.68
1988	1.98	2.36	4.02	2.82	1.90	1.59	1.30	1.09	0.88	1.32	1.80	2.90	2.00
1989	2.63	2.47	2.54	2.08	1.76	1.45	1.17	1.07	1.05	1.54	2.20	7.22	2.27
1990	4.42	3.80	3.08	2.57	2.24	1.70	1.69	1.26	1.40	1.31	1.50	1.53	2.21
1991	2.55	2.98	4.14	3.54	2.32	1.93	1.58	1.29	1.18	1.15	1.56	2.46	2.22
1992	3.20	5.41	3.25	3.90	2.52	2.21	1.82	1.49	1.42	1.71	2.20	5.67	2.90
1993	2.88	3.48	2.84	3.33	2.55	1.90	1.45	1.35	1.06	1.08	1.11	3.12	2.18
1994	5.33	4.46	7.76	4.81	3.43	2.78	2.24	1.77	1.34	1.39	1.98	2.92	3.35
1995	3.16	2.94	3.59	3.61	2.88	2.06	1.26	0.84	0.66	0.68	1.24	2.56	2.12
1996	1.83	1.43	1.88	1.68	1.24	0.90	0.67	0.57	0.52	0.73	1.79	1.34	1.22

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Média</b>
1997	3.69	1.99	3.37	3.35	2.27	1.73	1.19	0.82	0.82	0.69	0.90	1.23	1.84
1998	1.83	1.59	2.03	1.30	0.95	0.74	0.53	0.34	0.19	0.30	1.60	1.84	1.10
1999	1.79	1.45	3.06	1.83	1.49	1.19	0.91	0.54	0.36	0.74	2.08	3.38	1.57
2000	4.19	3.64	3.91	2.75	1.84	1.35	1.09	0.77	1.09	0.78	3.28	3.57	2.36
2001	3.14	2.65	3.50	2.29	1.58	1.14	0.83	0.65	0.60	0.82	2.63	3.54	1.95
2002	4.23	4.35	2.90	2.30	1.65	1.31	1.06	0.79	0.82	0.59	0.93	1.19	1.84
2003	2.78	2.81	2.94	2.95	1.81	1.29	0.87	0.59	0.48	0.41	1.04	1.00	1.58
2004	4.34	7.21	5.29	5.27	2.79	2.10	1.67	1.27	0.81	0.93	1.18	2.65	2.96
2005	3.81	4.33	5.51	3.41	2.53	1.95	1.55	1.18	0.84	0.63	1.79	2.65	2.51
2006	2.22	2.59	3.05	3.66	2.21	1.61	1.14	0.74	0.56	1.85	1.89	2.15	1.97
2007	3.37	4.21	3.04	2.26	1.56	1.17	0.89	0.54	0.30	0.46	1.22	2.22	1.77
2008	2.14	4.07	5.28	3.57	2.18	1.66	1.27	0.90	0.67	0.43	1.18	<b>2.77</b>	2.18
2009	<b>3.52</b>	4.90	2.76	4.09	2.62	1.82	1.23	0.97	1.10	1.57	1.55	3.43	2.46
2010	4.01	2.75	2.57	2.16	1.31	0.91	0.62	0.44	0.25	0.86	1.88	3.77	1.79
2011	4.83	3.10	3.18	2.24	1.54	1.14	0.74	0.50	0.30	0.90	2.19	5.30	2.16
2012	5.16	3.24	2.81	2.60	1.84	1.44	0.97	0.65	0.51	0.40	2.34	2.04	2.00
2013	3.41	2.63	2.78	2.71	1.50	1.31	1.06	0.70	0.53	0.99	1.03	2.64	1.77
2014	2.60	2.31	2.80	3.62	1.83	1.52	1.03	0.64	0.50	0.41	1.04	1.69	1.67
2015	0.62	1.08	2.21	2.58	1.68	0.97	0.65	0.36	0.27	0.55	0.74	1.20	1.08
2016	4.65	2.86	2.35	1.18	0.88	0.47	0.28	0.17	0.12	0.35	0.88	0.84	1.25
<b>Média</b>	<b>3.52</b>	<b>3.47</b>	<b>3.50</b>	<b>3.03</b>	<b>2.07</b>	<b>1.60</b>	<b>1.24</b>	<b>0.95</b>	<b>0.81</b>	<b>1.02</b>	<b>1.75</b>	<b>2.77</b>	<b>2.14</b>
<b>Máximas</b>	<b>0.62</b>	<b>1.08</b>	<b>1.88</b>	<b>1.18</b>	<b>0.88</b>	<b>0.47</b>	<b>0.28</b>	<b>0.17</b>	<b>0.12</b>	<b>0.30</b>	<b>0.74</b>	<b>0.84</b>	<b>0.71</b>
<b>Mínimas</b>	<b>6.21</b>	<b>8.38</b>	<b>7.76</b>	<b>5.27</b>	<b>3.43</b>	<b>2.78</b>	<b>2.31</b>	<b>2.00</b>	<b>1.81</b>	<b>2.95</b>	<b>4.87</b>	<b>7.22</b>	<b>4.58</b>

Obs: em **negrito vermelho**, valores preenchidos com a média mensal do histórico disponível do mês.

A partir da vazão média mensal foi determinado o volume total disponível na sub bacia do Córrego Descoberto, o qual resultou em um volume médio mensal de 7,99 hm<sup>3</sup> por ano.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

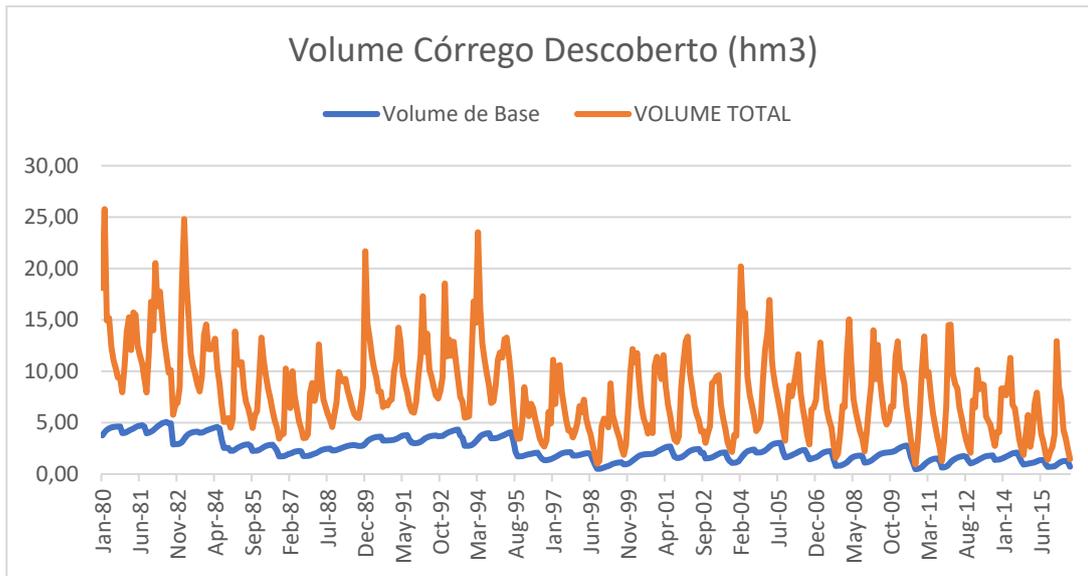


Figura 24 – Volumes médios mensais na bacia do rio Descoberto

Como pode ser observado na Figura 25, o volume médio mensal da sub bacia do descoberto tem decaído ao longo dos anos, apresentando maiores decrescimos nos anos de 1998, 1999, 2015 e 2016. Este infere que ao longo do ano a disponibilidade hidrica da bacia do córrego descoberto vem diminuindo.

Tabela 15 -Vazões médias mensais – Estação Descoberto-Chácara 89 (Cód.60435000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1978						2.20	1.80	1.52	1.34	1.59	1.40	2.71	
1979	7.25	6.49	4.47	3.56	2.67	2.41	2.33	1.85	1.63	1.38	2.19	2.15	3.20
1980	5.53	8.38	4.11	4.15	3.04	2.52	2.20	1.84	1.81	1.54	2.49	3.77	3.45
1981	4.25	2.99	4.35	4.21	3.01	2.63	2.31	1.78	1.53	2.95	4.87	3.75	3.22
1982	6.21	4.51	5.00	4.06	3.09	2.46	1.90	2.00	1.11	1.47	1.56	2.13	2.96
1983	5.93	8.25	5.78	4.41	2.96	2.47	2.18	1.77	1.55	2.09	3.61	3.99	3.75
1984	3.02	2.99	3.00	3.33	2.19	1.72	1.29	0.98	0.98	1.12	0.87	1.22	1.89
1985	4.43	3.32	3.09	3.13	2.12	1.60	1.34	1.06	0.86	1.32	1.48	2.81	2.21
1986	4.16	3.25	2.62	2.10	1.75	1.27	1.00	0.88	0.66	0.82	0.84	3.26	1.88
1987	2.50	1.71	3.06	2.11	1.59	1.10	0.84	0.68	0.68	0.82	2.33	2.68	1.68
1988	1.98	2.36	4.02	2.82	1.90	1.59	1.30	1.09	0.88	1.32	1.80	2.90	2.00
1989	2.63	2.47	2.54	2.08	1.76	1.45	1.17	1.07	1.05	1.54	2.20	7.22	2.27
1990	4.42	3.80	3.08	2.57	2.24	1.70	1.69	1.26	1.40	1.31	1.50	1.53	2.21
1991	2.55	2.98	4.14	3.54	2.32	1.93	1.58	1.29	1.18	1.15	1.56	2.46	2.22
1992	3.20	5.41	3.25	3.90	2.52	2.21	1.82	1.49	1.42	1.71	2.20	5.67	2.90
1993	2.88	3.48	2.84	3.33	2.55	1.90	1.45	1.35	1.06	1.08	1.11	3.12	2.18
1994	5.33	4.46	7.76	4.81	3.43	2.78	2.24	1.77	1.34	1.39	1.98	2.92	3.35
1995	3.16	2.94	3.59	3.61	2.88	2.06	1.26	0.84	0.66	0.68	1.24	2.56	2.12

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1996	1.83	1.43	1.88	1.68	1.24	0.90	0.67	0.57	0.52	0.73	1.79	1.34	1.22
1997	3.69	1.99	3.37	3.35	2.27	1.73	1.19	0.82	0.82	0.69	0.90	1.23	1.84
1998	1.83	1.59	2.03	1.30	0.95	0.74	0.53	0.34	0.19	0.30	1.60	1.84	1.10
1999	1.79	1.45	3.06	1.83	1.49	1.19	0.91	0.54	0.36	0.74	2.08	3.38	1.57
2000	4.19	3.64	3.91	2.75	1.84	1.35	1.09	0.77	1.09	0.78	3.28	3.57	2.35
2001	3.14	2.65	3.50	2.29	1.58	1.14	0.83	0.65	0.60	0.82	2.63	3.54	1.95
2002	4.23	4.35	2.90	2.30	1.65	1.31	1.06	0.79	0.82	0.59	0.93	1.19	1.84
2003	2.78	2.81	2.94	2.95	1.81	1.29	0.87	0.59	0.48	0.41	1.04	1.00	1.58
2004	4.34	7.21	5.29	5.27	2.79	2.10	1.67	1.27	0.81	0.93	1.18	2.65	2.96
2005	3.81	4.33	5.51	3.41	2.53	1.95	1.55	1.18	0.84	0.63	1.79	2.65	2.51
2006	2.22	2.59	3.05	3.66	2.21	1.61	1.14	0.74	0.56	1.85	1.89	2.15	1.97
2007	3.37	4.21	3.04	2.26	1.56	1.17	0.89	0.54	0.30	0.46	1.22	2.22	1.77
2008	2.14	4.07	5.28	3.57	2.18	1.66	1.27	0.90	0.67	0.43	1.18		
2009		4.90	2.76	4.09	2.62	1.82	1.23	0.97	1.10	1.57	1.55	3.43	
2010	4.01	2.75	2.57	2.16	1.31	0.91	0.62	0.44	0.25	0.86	1.88	3.77	1.79
2011	4.83	3.10	3.18	2.24	1.54	1.14	0.74	0.50	0.30	0.90	2.19	5.30	2.16
2012	5.16	3.24	2.81	2.60	1.84	1.44	0.97	0.65	0.51	0.40	2.34	2.04	2.00
2013	3.41	2.63	2.78	2.71	1.50	1.31	1.06	0.70	0.53	0.99	1.03	2.64	1.77
2014	2.60	2.31	2.80	3.62	1.83	1.52	1.03	0.64	0.50	0.41	1.04	1.69	1.66
2015	0.62	1.08	2.21	2.58	1.68	0.97	0.65	0.36	0.27	0.55	0.74	1.20	1.08
2016	4.65	2.86	2.35	1.18	0.88	0.47	0.28	0.17	0.12	0.35	0.88	0.84	1.25
2017	0.90	2.28	1.51	1.22	0.65	0.41	0.25	0.14					
<b>Média</b>	3.55	3.52	3.47	2.99	2.05	1.60	1.25	0.97	0.84	1.04	1.75	2.75	2.16

Tabela 16 -Vazões médias máximas mensais – Estação Descoberto-Chácara 89 (Cód.60435000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1978						2.64	1.93	1.69	1.52	3.29	1.81	8.72	
1979	19.80	16.30	11.30	7.91	4.17	3.07	2.43	2.71	2.30	2.17	15.50	5.62	19.80
1980	12.70	36.30	6.11	7.36	4.01	2.71	2.43	1.99	2.43	1.99	4.88	8.25	36.30
1981	14.60	4.35	15.40	11.60	4.61	3.84	2.78	2.11	1.87	6.21	15.10	7.36	15.40
1982	13.80	10.30	11.30	7.91	3.92	2.99	2.11	3.52	1.75	2.78	3.84	5.62	13.80
1983	16.00	29.20	17.20	6.65	3.51	2.77	2.63	2.04	1.85	20.90	8.57	6.15	29.20
1984	5.49	6.15	4.41	6.96	2.63	1.85	1.56	1.14	1.40	2.36	1.09	2.70	6.96
1985	9.48	6.75	6.06	7.16	3.36	1.74	1.51	1.19	1.40	3.06	4.76	6.15	9.48
1986	12.80	5.12	5.12	3.75	3.28	1.51	1.09	1.57	0.85	1.68	1.26	19.90	19.90
1987	7.59	6.14	8.33	2.84	2.25	1.28	0.96	0.77	1.09	1.23	11.60	8.55	11.60
1988	2.44	7.35	21.70	6.94	2.19	1.84	1.42	1.18	0.92	6.94	9.12	12.10	21.70
1989	4.10	4.02	8.33	6.84	2.07	1.63	1.57	1.47	2.13	4.60	10.20	22.40	22.40

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1990	11.40	17.00	4.51	5.67	3.71	1.90	3.26	1.42	4.60	3.11	4.18	2.32	17.00
1991	4.26	9.01	15.20	14.20	2.70	2.07	1.73	1.47	1.57	4.02	3.26	3.86	15.20
1992	8.22	16.50	7.56	15.90	3.19	2.50	2.19	1.96	2.07	3.19	3.94	10.40	16.50
1993	5.39	6.24	4.77	14.40	6.53	2.50	1.63	1.79	1.57	1.42	1.79	16.50	16.50
1994	13.70	16.10	24.70	7.67	4.68	3.40	2.57	2.01	1.52	4.34	4.51	8.66	24.70
1995	10.70	4.60	9.36	11.40	3.86	2.38	1.84	1.01	0.80	1.01	5.57	6.43	11.40
1996	2.97	2.13	8.66	2.84	1.96	1.09	0.80	0.80	0.88	2.01	9.12	2.01	9.12
1997	11.30	2.83	13.30	5.20	3.59	2.27	1.52	0.99	3.37	1.38	2.83	2.96	13.30
1998	8.24	2.45	3.52	1.72	1.20	0.95	0.63	0.45	0.28	1.11	4.94	5.73	8.24
1999	5.28	2.27	9.84	2.35	1.83	1.36	1.04	0.87	0.79	4.67	5.15	7.01	9.84
2000	8.36	8.59	13.80	4.21	2.84	1.54	1.23	1.17	1.81	10.80	12.30	12.70	13.80
2001	12.60	5.96	14.10	5.25	1.94	1.41	0.95	1.00	1.00	1.41	17.00	17.30	17.30
2002	18.50	8.95	5.05	4.30	1.87	1.48	1.23	1.11	1.29	0.95	1.94	2.60	18.50
2003	5.93	6.72	5.38	7.19	2.08	1.69	1.06	0.76	0.76	0.88	2.40	2.66	7.19
2004	19.50	37.50	27.90	15.30	3.37	2.40	1.84	1.47	1.00	2.66	2.66	29.80	37.50
2005	10.10	21.00	10.50	5.17	3.47	2.32	1.77	1.62	1.00	1.00	13.20	5.06	21.00
2006	4.54	6.96	5.38	13.20	2.49	1.88	1.34	0.99	0.90	3.73	4.20	4.30	13.20
2007	5.74	8.18	5.26	3.67	2.15	1.33	1.07	0.67	0.38	1.07	2.91	6.04	8.18
2008	5.81	15.60	13.70	5.47	2.74	1.91	1.61	1.01	0.77	0.61	2.39		
2009		21.00	6.89	19.20	5.54	2.63	1.46	2.09	3.22	2.82	3.02	19.20	
2010	37.10	11.30	5.03	4.08	1.61	1.05	0.81	0.55	0.33	2.09	8.07	26.30	37.10
2011	13.10	7.32	6.34	3.43	1.76	1.32	0.93	0.70	0.33	3.02	10.60	15.10	15.10
2012	13.70	5.32	4.51	5.11	2.48	1.99	1.10	0.84	0.84	0.84	6.82	4.11	13.70
2013	11.10	3.92	5.52	8.65	1.99	1.83	1.32	0.81	0.70	4.79	2.87	5.58	11.10
2014	5.16	4.16	5.37	13.20	2.35	1.76	1.32	0.82	1.05	1.05	5.03	6.07	13.20
2015	0.93	2.81	6.34	5.53	2.62	1.14	0.79	0.49	0.49	26.00	2.17	4.12	26.00
2016	41.20	21.80	6.62	1.61	1.46	0.61	0.34	0.21	0.21	4.78	3.85	3.01	41.20
2017	5.76	8.09	4.30	2.81	0.79	0.51	0.32	0.21					
<b>Máxima</b>	11.00	10.70	9.45	7.30	2.89	1.93	1.50	1.27	1.36	3.90	6.01	9.04	17.80

Tabela 17 -Vazões médias mínimas mensais – Estação Descoberto-Chácara 89 (Cód.60435000)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mínima
1978						1.93	1.69	1.37	1.17	1.02	1.12	1.12	
1979	2.11	3.92	3.37	2.24	2.37	2.17	1.87	1.52	1.37	1.12	1.26	1.42	1.12
1980	2.57	3.44	3.14	3.14	2.71	2.43	1.99	1.69	1.52	1.21	1.63	2.37	1.21
1981	2.99	2.37	1.93	3.07	2.71	2.30	1.87	1.47	1.31	1.63	3.29	2.78	1.31
1982	3.68	2.92	3.37	3.37	2.78	2.11	1.75	1.17	0.94	0.94	1.12	1.02	0.94
1983	3.44	4.58	3.99	3.44	2.70	2.29	2.04	1.56	1.29	1.24	2.10	2.84	1.24
1984	1.56	1.85	2.63	2.49	1.79	1.56	1.04	0.86	0.78	0.65	0.69	0.91	0.65
1985	1.45	2.23	2.49	2.29	1.74	1.45	1.19	0.91	0.73	0.82	0.95	1.14	0.73
1986	2.56	2.49	2.16	1.85	1.45	1.09	0.86	0.00	0.49	0.46	0.52	0.73	0.00

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Mínima</b>
1987	0.04	1.18	1.52	1.73	1.28	0.96	0.73	0.59	0.53	0.59	0.73	1.52	0.04
1988	1.57	1.63	2.07	2.13	1.79	1.42	1.18	0.92	0.84	0.62	1.23	1.73	0.62
1989	1.96	1.84	2.07	1.84	1.57	1.32	1.05	0.88	0.88	0.92	1.32	2.44	0.88
1990	2.84	2.57	2.44	1.96	1.79	1.52	1.37	1.09	1.05	0.84	1.14	1.18	0.84
1991	1.42	2.25	2.44	2.70	2.01	1.73	1.42	1.09	0.96	0.73	0.77	1.37	0.73
1992	1.68	3.26	2.63	2.57	1.73	2.01	1.63	1.42	1.32	1.32	1.57	2.07	1.32
1993	2.07	2.07	2.07	2.38	2.07	1.57	1.28	1.14	0.84	0.84	0.80	0.84	0.80
1994	3.04	3.33	3.63	3.63	3.11	2.50	1.96	1.52	1.18	1.05	0.84	1.96	0.84
1995	2.32	2.19	2.01	2.57	2.32	1.84	0.96	0.73	0.56	0.53	0.73	1.05	0.53
1996	1.28	1.14	1.23	1.32	1.09	0.77	0.56	0.46	0.41	0.35	0.43	0.96	0.35
1997	1.93	1.11	2.39	2.39	1.42	1.11	0.73	0.63	0.57	0.48	0.43	0.84	0.43
1998	0.70	1.11	1.11	0.73	0.73	0.57	0.20	0.20	0.14	0.14	0.57	1.11	0.14
1999	1.11	1.03	1.93	1.56	1.26	0.96	0.72	0.23	0.17	0.17	0.64	1.94	0.17
2000	2.68	2.76	2.60	2.01	1.48	1.23	0.89	0.50	0.59	0.38	1.54	2.53	0.38
2001	2.16	1.94	2.23	1.74	1.35	0.95	0.74	0.50	0.42	0.50	0.55	1.81	0.42
2002	2.76	2.84	2.23	1.87	1.48	1.17	0.89	0.64	0.50	0.34	0.59	0.34	0.34
2003	1.54	1.77	2.00	2.08	1.54	1.06	0.70	0.49	0.22	0.11	0.54	0.30	0.11
2004	1.13	3.10	3.37	3.28	2.40	1.84	1.47	1.06	0.65	0.54	0.65	0.82	0.54
2005	2.32	2.66	3.28	2.83	2.16	1.69	1.33	0.82	0.70	0.44	0.76	1.54	0.44
2006	1.19	1.62	1.06	1.54	1.40	1.43	0.90	0.56	0.15	0.47	0.90	0.00	0.00
2007	1.61	2.43	2.07	1.91	1.33	1.01	0.72	0.42	0.22	0.19	0.30	0.52	0.19
2008	0.95	1.68	3.28	2.74	1.91	1.47	0.89	0.77	0.52	0.19	0.26		
2009		0.70	2.09	2.09	1.32	1.46	1.05	0.70	0.70	0.93	1.18	1.61	
2010	2.45	2.09	1.32	1.46	1.05	0.75	0.50	0.33	0.13	0.26	1.25	1.39	0.13
2011	2.63	2.27	2.54	1.76	1.32	0.93	0.65	0.37	0.26	0.26	0.81	2.27	0.26
2012	3.36	2.65	2.15	1.99	1.52	1.24	0.84	0.54	0.33	0.19	0.96	1.24	0.19
2013	1.10	1.99	1.68	1.83	1.24	0.96	0.81	0.60	0.41	0.41	0.30	1.00	0.30
2014	1.71	1.41	2.03	2.19	1.41	1.32	0.82	0.51	0.34	0.15	0.27	0.71	0.15
2015	0.42	0.42	0.93	1.76	1.18	0.79	0.49	0.26	0.14	0.10	0.26	0.59	0.10
2016	0.82	0.93	1.61	0.93	0.61	0.34	0.21	0.15	0.10	0.10	0.21	0.34	0.10
2017	0.31	0.69	1.12	0.82	0.56	0.32	0.19	0.08					
<b>Média</b>	1.88	2.11	2.26	2.16	1.68	1.39	1.05	0.77	0.65	0.60	0.90	1.32	0.52

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

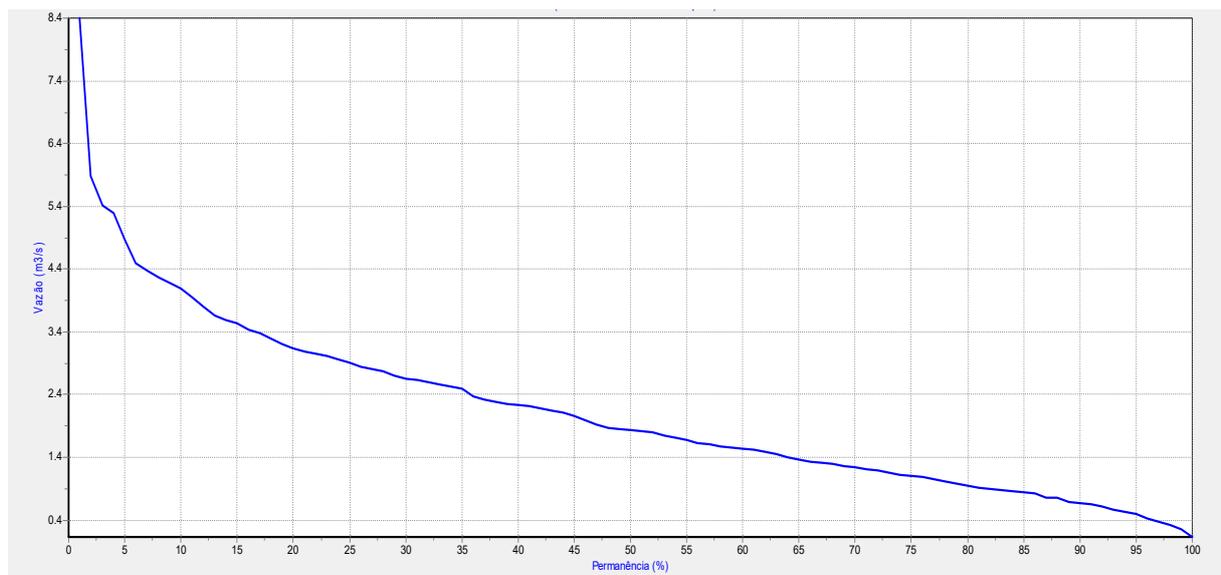


Figura 26 – Curva de permanência das vazões médias Estação Descoberto-Chácara 89 (Cód.60435000)

A curva de permanência determinada para Sub Bacia do Córrego Descoberto aponta que em 50% do tempo a vazão média da Bacia é em torno de 2 m<sup>3</sup>/s, e a Q95% é de 0,4 m<sup>3</sup>/s. A vazão 7,10 é de 0,255 m<sup>3</sup>/s, está representado vazão mínima em 7 dias consecutivos em um período de 10 anos.

### 10.2.2 - SUB BACIA DO CÓRREGO RODEADOR

A sub-bacia do córrego Rodeador, composta pelos córregos Jatobá, Cabeceira Comprida, Curral, córrego do Meio, Jatobazinho, Cristal e pelo Córrego Rodeador, apresenta uma área de aproximadamente 113,49 Km<sup>2</sup>. A vazão média é de 1,62 m<sup>3</sup>/s. O hidrograma de vazões médias disponíveis de vazão é apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

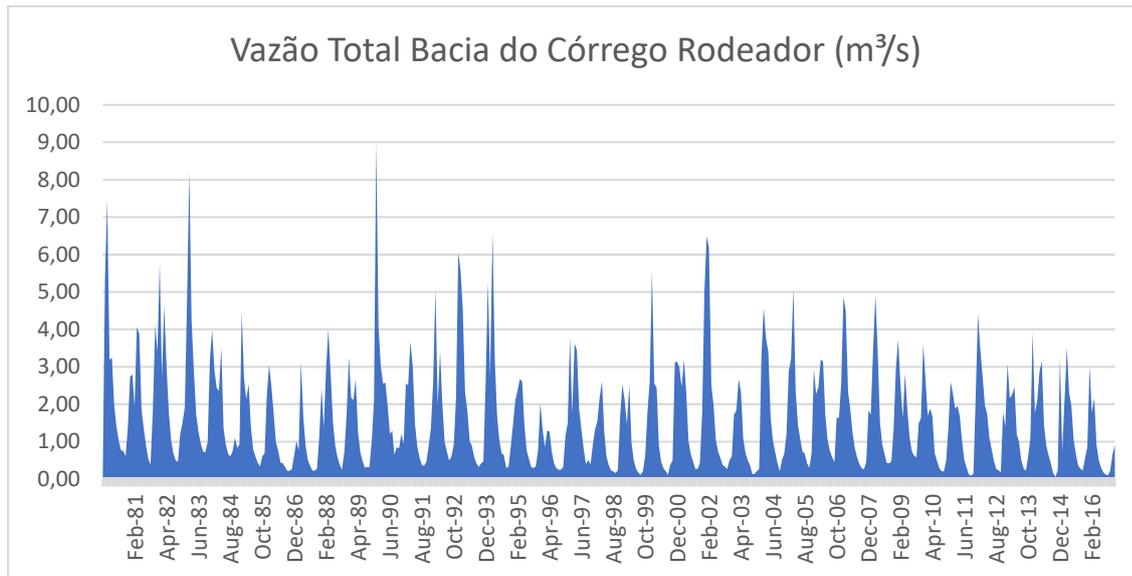


Figura 27 – Vazões médias mensais na sub-bacia do córrego Rodeador

O volume médio determinado para a Sub Bacia do Córrego Rodeador é de 5,34 hm<sup>3</sup>/ano.

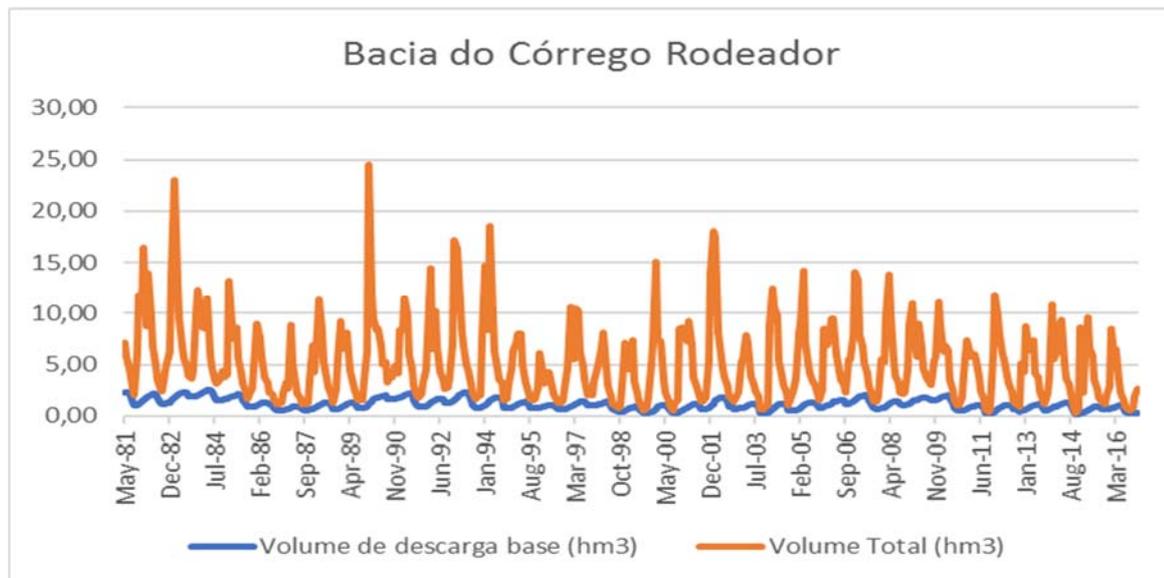


Figura 28 – Volume médio mensal na sub-bacia do córrego Rodeador

A Figura 29 demonstra que o volume médio mensal disponível no córrego Rodeador para os anos de 2012, 2013, 2014, 2015 e 2015, apresentaram valores médios de 4,29, 4,90, 4,48, 3,80 e 2,93 hm<sup>3</sup> respectivamente. Estes valores apresentados permitem inferir a disponibilidade hídrica da bacia vem diminuindo gradativamente anualmente.

Tabela 18 - Vazões médias mensais estabelecidas para Jan/1980 a Dez/2016 – Estação Rodeador –DF 435 (Cód. 60435200)

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1980	5.08	6.97	3.04	3.09	1.90	1.37	1.01	0.76	0.73	0.60	1.33	2.61	2.37
1981	2.80	1.94	3.87	3.83	1.86	1.34	0.89	0.54	0.39	1.86	4.08	3.39	2.23
1982	5.59	2.70	4.54	2.94	1.76	1.03	0.68	0.50	0.46	1.06	1.28	1.60	2.01
1983	3.81	6.34	3.38	2.33	1.45	1.08	0.83	0.66	0.63	0.84	2.61	3.21	2.26
1984	2.80	2.37	2.32	3.30	1.35	0.92	0.67	0.60	0.75	1.09	0.83	0.93	1.49
1985	4.11	2.64	2.13	2.46	1.38	0.79	0.60	0.44	0.33	0.61	0.68	2.13	1.52
1986	3.00	2.48	1.78	0.97	0.75	0.44	0.42	0.32	0.22	0.22	0.27	0.64	0.96
1987	1.01	0.80	3.10	1.63	0.90	0.57	0.45	0.36	0.35	0.40	1.15	2.39	1.09
1988	1.37	2.88	3.89	2.77	1.52	0.89	0.58	0.38	0.25	0.72	1.74	3.20	1.68
1989	2.16	2.10	2.66	1.24	0.71	0.48	0.30	0.33	0.31	1.01	2.09	8.35	1.81
1990	3.97	3.00	2.55	2.54	1.94	1.20	1.28	0.65	0.85	0.82	1.21	0.94	1.75
1991	2.56	2.50	3.67	3.00	1.45	0.87	0.57	0.38	0.35	0.46	0.89	1.37	1.51
1992	2.58	4.98	1.97	3.35	1.99	1.00	0.73	0.50	0.59	0.91	2.15	5.91	2.22
1993	4.00	3.27	1.77	1.40	0.82	0.73	0.50	0.37	0.29	0.37	0.41	1.86	1.31
1994	3.73	2.07	4.62	2.37	1.34	0.85	0.58	0.54	0.27	0.29	0.69	1.14	1.54
1995	2.08	2.36	2.65	2.61	1.43	0.76	0.54	0.32	0.29	0.34	0.78	2.02	1.35
1996	1.31	0.84	1.28	1.26	0.72	0.42	0.29	0.25	0.25	0.32	1.12	1.47	0.79
1997	3.78	1.75	3.62	3.44	1.87	1.33	0.81	0.40	0.51	0.39	0.91	1.33	1.68
1998	1.53	2.16	2.61	1.27	0.60	0.37	0.23	0.20	0.16	0.24	1.67	2.54	1.13
1999	2.10	1.47	2.50	0.95	0.49	0.27	0.17	0.11	0.21	0.63	1.78	2.61	1.11
2000	5.56	2.55	2.43	0.89	0.46	0.29	0.21	0.11	0.38	0.49	3.12	3.13	1.63
2001	2.99	2.46	3.18	2.30	0.84	0.60	0.44	0.28	0.29	0.41	1.28	2.99	1.51
2002	3.72	3.62	1.75	1.44	0.86	0.65	0.51	0.37	0.34	0.29	0.47	0.54	1.21
2003	1.72	1.83	2.67	2.32	1.08	0.70	0.50	0.37	0.13	0.14	0.21	0.27	1.00
2004	3.24	4.57	3.75	3.39	1.65	1.04	0.73	0.44	0.20	0.51	0.68	1.20	1.78
2005	2.88	3.19	5.08	2.32	1.45	1.07	0.74	0.68	0.42	0.30	0.69	2.94	1.81
2006	2.27	2.44	3.19	3.14	1.74	1.06	0.76	0.59	0.46	1.65	1.62	2.53	1.79
2007	4.87	4.50	2.33	1.84	1.23	0.82	0.57	0.40	0.28	0.26	0.46	1.83	1.62
2008	1.72	3.41	4.92	3.41	1.52	0.93	0.68	0.44	0.42	0.47	1.33	2.94	1.85
2009	3.73	2.57	1.63	2.81	1.87	1.11	0.75	0.62	0.58	1.49	1.63	3.61	1.87
2010	2.66	1.69	1.88	1.67	0.69	0.49	0.30	0.21	0.20	0.47	1.34	2.60	1.18
2011	2.65	2.22	2.29	2.00	1.27	0.71	0.48	0.25	0.21	0.26	1.91	4.41	1.55
2012	4.09	2.53	1.97	1.84	1.10	0.80	0.49	0.27	0.25	0.18	1.83	1.40	1.40

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2013	3.01	2.16	2.26	2.46	1.17	0.98	0.51	0.30	0.22	0.60	1.10	3.92	1.56
2014	1.78	2.08	2.88	3.15	1.44	0.89	0.63	0.42	0.15	0.06	0.23	3.29	1.42
2015	0.73	2.08	3.50	<b>2.30</b>	1.95	1.04	0.66	0.36	0.27	0.23	0.56	0.85	1.21
2016	3.00	1.78	2.16	0.92	0.51	0.31	0.18	0.12	0.10	0.22	0.65	0.91	0.90
Média	2.97	2.74	2.86	2.30	1.27	0.82	0.58	0.40	0.35	0.57	1.26	2.41	1.54
Máximas	5.59	6.97	5.08	3.83	1.99	1.37	1.28	0.76	0.85	1.86	4.08	8.35	2.37
Mínimas	2.99	2.76	2.89	2.27	1.26	0.80	0.57	0.40	0.35	0.57	1.26	2.53	1.52

Obs: em **negrito vermelho**, valores preenchidos com a média mensal do histórico disponível do mês.

Tabela 19 -Vazões médias mensais – Estação Rodeador –DF 435 (Cód. 60435200)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1978						0.91	0.61	0.46	0.36	0.62	0.47	1.42	
1979	6.40	4.69	2.77	3.17	1.73	1.37	1.01	0.80	0.75	0.72	1.33	1.81	2.21
1980	5.08	6.97	3.04	3.09	1.90	1.37	1.01	0.76	0.73	0.60	1.33	2.61	2.37
1981	2.80	1.94	3.87	3.83	1.86	1.34	0.89	0.54	0.39	1.86	4.08	3.39	2.23
1982	5.59	2.70	4.54	2.94	1.76	1.03	0.68	0.50	0.46	1.06	1.28	1.60	2.01
1983	3.81	6.34	3.38	2.33	1.45	1.08	0.83	0.66	0.63	0.84	2.61	3.21	2.26
1984	2.80	2.37	2.32	3.30	1.35	0.92	0.67	0.60	0.75	1.09	0.83	0.93	1.49
1985	4.11	2.64	2.13	2.46	1.38	0.79	0.60	0.44	0.33	0.61	0.68	2.13	1.53
1986	3.00	2.48	1.78	0.97	0.75	0.44	0.42	0.32	0.22	0.22	0.27	0.64	0.96
1987	1.01	0.80	3.10	1.63	0.90	0.57	0.45	0.36	0.35	0.40	1.15	2.39	1.09
1988	1.37	2.88	3.89	2.77	1.52	0.89	0.58	0.38	0.25	0.72	1.74	3.20	1.68
1989	2.16	2.10	2.66	1.24	0.71	0.48	0.30	0.33	0.31	1.01	2.09	8.35	1.81
1990	3.97	3.00	2.55	2.54	1.94	1.20	1.28	0.65	0.85	0.82	1.21	0.94	1.75
1991	2.56	2.50	3.67	3.00	1.45	0.87	0.57	0.38	0.35	0.46	0.89	1.37	1.50
1992	2.58	4.98	1.97	3.35	1.99	1.00	0.73	0.50	0.59	0.91	2.15	5.91	2.22
1993	4.00	3.27	1.77	1.40	0.82	0.73	0.50	0.37	0.29	0.37	0.41	1.86	1.31
1994	3.73	2.07	4.62	2.37	1.34	0.85	0.58	0.54	0.27	0.29	0.69	1.14	1.54
1995	2.08	2.36	2.65	2.61	1.43	0.76	0.54	0.32	0.29	0.34	0.78	2.02	1.35
1996	1.31	0.84	1.28	1.26	0.72	0.42	0.29	0.25	0.25	0.32	1.12	1.47	0.79
1997	3.78	1.75	3.62	3.44	1.87	1.33	0.81	0.40	0.51	0.39	0.91	1.33	1.68
1998	1.53	2.16	2.61	1.27	0.60	0.37	0.23	0.20	0.16	0.24	1.67	2.54	1.13
1999	2.10	1.47	2.50	0.95	0.49	0.27	0.17	0.11	0.21	0.63	1.78	2.61	1.11
2000	5.56	2.55	2.43	0.89	0.46	0.29	0.21	0.11	0.38	0.49	3.12	3.13	1.64
2001	2.99	2.46	3.18	2.30	0.84	0.60	0.44	0.28	0.29	0.41	1.28	2.99	1.51
2002	3.72	3.62	1.75	1.44	0.86	0.65	0.51	0.37	0.34	0.29	0.47	0.54	1.21

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2003	1.72	1.83	2.67	2.32	1.08	0.70	0.50	0.37	0.13	0.14	0.21	0.27	0.99
2004	3.24	4.57	3.75	3.39	1.65	1.04	0.73	0.44	0.20	0.51	0.68	1.20	1.78
2005	2.88	3.19	5.08	2.32	1.45	1.07	0.74	0.68	0.42	0.30	0.69	2.94	1.81
2006	2.27	2.44	3.19	3.14	1.74	1.06	0.76	0.59	0.46	1.65	1.62	2.53	1.79
2007	4.87	4.50	2.33	1.84	1.23	0.82	0.57	0.40	0.28	0.26	0.46	1.83	1.62
2008	1.72	3.41	4.92	3.41	1.52	0.93	0.68	0.44	0.42	0.47	1.33	2.94	1.85
2009	3.73	2.57	1.63	2.81	1.87	1.11	0.75	0.62	0.58	1.49	1.63	3.61	1.87
2010	2.66	1.69	1.88	1.67	0.69	0.49	0.30	0.21	0.20	0.47	1.34	2.60	1.18
2011	2.65	2.22	2.29	2.00	1.27	0.71	0.48	0.25	0.21	0.26	1.91	4.41	1.55
2012	4.09	2.53	1.97	1.84	1.10	0.80	0.49	0.27	0.25	0.18	1.83	1.40	1.40
2013	3.01	2.16	2.26	2.46	1.17	0.98	0.51	0.30	0.22	0.60	1.10	3.92	1.56
2014	1.78	2.08	2.88	3.15	1.44	0.89	0.63	0.42	0.15	0.06	0.23	3.29	1.42
2015	0.73	2.08	3.50		1.95	1.04	0.66	0.36	0.27	0.23	0.56	0.85	
2016	3.00	1.78	2.16	0.92	0.51	0.31	0.18	0.12	0.10	0.22	0.65	0.91	0.90
2017	0.92	1.84	1.17	1.41	0.75	0.43	0.25	0.16					
<b>Média</b>	3.01	2.76	2.81	2.30	1.27	0.82	0.58	0.41	0.36	0.58	1.25	2.36	1.57

Tabela 20 -Vazões médias máximas mensais – Estação Rodeador –DF 435 (Cód. 60435200)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1978						1.62	0.73	0.54	0.46	2.86	0.69	5.80	
1979	26.40	11.00	4.43	7.45	2.86	1.68	1.50	1.38	0.92	1.35	3.88	7.09	26.40
1980	12.70	29.50	4.29	5.14	3.34	1.61	1.54	0.87	1.40	0.83	2.86	9.50	29.50
1981	5.40	4.53	16.80	11.40	3.29	2.72	2.59	0.64	0.54	13.10	9.83	10.50	16.80
1982	14.50	4.04	14.50	9.57	4.89	1.32	1.07	1.26	2.23	3.89	2.32	3.34	14.50
1983	13.00	25.60	15.90	3.52	2.64	1.30	1.07	0.76	1.09	2.24	7.50	7.40	25.60
1984	7.61	4.92	4.20	9.33	1.83	1.23	0.79	0.79	1.33	3.16	2.20	3.14	9.33
1985	11.00	5.77	3.34	8.50	3.18	1.47	1.19	0.99	0.54	2.30	2.05	6.93	11.00
1986	9.11	5.27	3.86	2.63	1.25	0.54	0.80	0.74	0.68	0.50	0.85	2.63	9.11
1987	2.54	1.72	15.20	3.49	1.48	1.02	0.72	0.53	0.51	0.61	2.35	5.71	15.20
1988	2.08	8.80	16.30	5.00	2.13	1.61	1.00	0.48	0.29	5.19	4.41	8.24	16.30
1989	4.78	4.62	5.56	2.47	1.01	0.98	0.40	0.43	1.05	3.75	4.73	27.20	27.20
1990	8.11	4.51	3.79	10.40	3.17	1.61	4.92	1.38	2.89	2.74	3.17	2.14	10.40
1991	5.89	7.34	11.80	4.66	1.84	1.47	0.78	0.46	0.59	1.03	3.04	2.54	11.80
1992	7.07	9.30	2.72	8.67	5.73	1.23	0.86	0.52	1.21	1.99	6.41	11.80	11.80
1993	5.62	6.72	5.37	2.50	2.30	1.20	0.66	0.52	0.67	0.64	0.64	8.32	8.32
1994	13.00	2.73	9.97	5.81	1.67	1.07	0.68	0.64	0.35	0.79	3.04	4.84	13.00
1995	6.57	5.04	8.75	5.90	4.35	1.19	0.87	0.39	0.32	0.63	2.02	6.23	8.75
1996	2.65	2.08	3.05	3.42	0.92	0.54	0.32	0.47	0.65	0.57	8.71	5.72	8.71
1997	17.00	3.30	14.20	6.94	2.77	1.59	1.06	0.43	1.21	0.83	2.71	3.16	17.00

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1998	7.93	6.32	15.50	1.68	0.96	0.53	0.30	0.28	0.17	0.44	6.57	7.17	15.50
1999	5.62	2.53	16.40	1.27	0.67	0.35	0.18	0.13	0.41	4.50	5.08	9.21	16.40
2000	19.20	6.62	7.07	1.30	0.58	0.34	0.27	0.15	0.67	0.95	8.17	14.90	19.20
2001	15.70	4.29	6.84	5.27	1.07	0.86	0.72	0.52	0.56	1.07	4.09	11.80	15.70
2002	12.10	8.36	3.76	2.49	1.07	0.91	0.77	0.64	0.70	0.44	1.19	1.12	12.10
2003	4.25	3.47	4.80	4.43	1.41	1.17	0.87	0.68	0.32	0.41	0.58	0.60	4.80
2004	11.90	11.50	12.40	9.81	2.23	1.59	1.17	0.90	0.28	1.62	1.66	7.43	12.40
2005	7.61	8.97	10.40	3.59	2.01	1.49	1.17	2.81	0.60	0.50	2.73	6.42	10.40
2006	7.01	4.84	5.70	5.39	2.53	1.55	1.23	0.85	0.69	7.84	3.87	7.74	7.84
2007	15.50	8.72	4.01	4.35	1.64	1.19	0.91	0.72	0.64	0.57	1.26	6.57	15.50
2008	4.60	11.80	9.67	12.40	2.02	1.55	1.13	0.78	1.21	1.75	4.20	7.92	12.40
2009	8.59	4.94	2.26	6.32	5.84	1.84	1.13	1.93	0.84	5.79	4.29	7.60	8.59
2010	5.01	2.52	3.05	3.24	1.05	0.55	0.34	0.26	0.28	2.50	2.67	4.19	5.01
2011	3.59	2.39	3.09	2.06	1.84	0.74	0.65	0.31	0.23	0.91	6.05	5.69	6.05
2012	7.95	3.70	3.85	3.31	1.41	1.18	0.63	0.34	0.91	0.25	3.94	2.61	7.95
2013	6.78	3.66	4.66	4.26	1.55	1.51	0.66	0.39	0.25	2.70	2.91	7.36	7.36
2014	4.29	6.04	6.90	9.70	2.14	1.03	0.91	0.81	0.22	0.20	0.39	5.14	9.70
2015	1.99	8.19	5.44		3.55	1.37	1.07	0.43	0.34	0.58	3.27	1.95	
2016	12.80	3.50	6.93	3.76	0.98	0.63	0.22	0.14	0.10	1.10	1.94	2.76	12.80
2017	3.10	5.49	3.32	4.91	1.34	0.63	0.30	0.22					
<b>Média</b>	8.73	6.79	7.69	5.43	2.22	1.20	0.95	0.69	0.73	2.13	3.54	6.68	13.30

Tabela 21 -Vazões médias mínimas mensais – Estação Rodeador –DF 435 (Cód. 60435200)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mínima
1978						0.73	0.52	0.38	0.27	0.27	0.35	0.34	
1979	1.02	2.66	2.14	2.00	1.47	1.19	0.84	0.63	0.65	0.50	0.81	0.96	0.50
1980	2.70	3.31	2.14	2.14	1.54	1.19	0.82	0.64	0.56	0.39	0.52	1.68	0.39
1981	1.86	1.19	1.16	2.16	1.39	1.00	0.66	0.42	0.33	0.43	2.28	1.95	0.33
1982	2.81	1.82	2.23	1.91	1.26	0.79	0.54	0.39	0.32	0.39	0.84	0.87	0.32
1983	2.09	2.52	2.02	1.74	1.13	0.92	0.75	0.57	0.56	0.48	1.40	1.95	0.48
1984	1.60	1.52	1.67	1.83	1.03	0.76	0.62	0.51	0.58	0.54	0.51	0.63	0.51
1985	1.09	1.32	1.52	1.42	0.95	0.67	0.46	0.35	0.27	0.30	0.33	0.47	0.27
1986	1.48	1.54	1.09	0.74	0.53	0.37	0.32	0.21	0.19	0.19	0.21	0.23	0.19
1987	0.56	0.47	0.68	0.79	0.66	0.49	0.38	0.32	0.32	0.32	0.34	1.11	0.32
1988	0.72	1.07	1.97	1.90	1.17	0.65	0.46	0.26	0.24	0.24	0.72	1.39	0.24
1989	1.11	1.01	1.48	0.98	0.52	0.37	0.24	0.26	0.19	0.19	0.49	2.25	0.19
1990	2.50	2.25	1.89	1.75	1.52	0.90	0.77	0.45	0.43	0.29	0.79	0.60	0.29
1991	1.14	1.45	1.84	1.97	0.96	0.72	0.45	0.32	0.26	0.27	0.27	0.89	0.26
1992	1.21	2.28	1.48	1.48	1.25	0.84	0.52	0.48	0.41	0.61	0.80	3.44	0.41

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Mínima</b>
1993	2.15	1.32	0.91	0.79	0.55	0.55	0.39	0.25	0.18	0.23	0.23	0.40	0.18
1994	1.34	1.63	2.41	1.46	1.03	0.71	0.50	0.37	0.23	0.22	0.20	0.63	0.20
1995	0.67	1.41	1.27	1.63	1.00	0.63	0.43	0.29	0.27	0.26	0.33	0.43	0.26
1996	0.47	0.44	0.68	0.96	0.54	0.32	0.25	0.22	0.22	0.22	0.22	0.80	0.22
1997	1.42	0.43	1.59	1.83	1.57	1.10	0.43	0.37	0.32	0.19	0.16	0.80	0.16
1998	0.55	1.05	1.25	0.89	0.30	0.30	0.12	0.17	0.14	0.13	0.39	1.36	0.12
1999	1.07	0.61	1.04	0.61	0.36	0.18	0.13	0.10	0.10	0.22	0.48	1.43	0.10
2000	1.61	1.66	1.06	0.59	0.34	0.27	0.15	0.08	0.13	0.24	0.45	1.86	0.08
2001	1.97	1.97	2.19	1.76	0.70	0.46	0.32	0.21	0.21	0.27	0.29	1.21	0.21
2002	2.25	2.33	1.27	1.07	0.69	0.53	0.42	0.28	0.26	0.24	0.30	0.23	0.23
2003	0.79	1.09	1.17	1.36	0.84	0.53	0.36	0.27	0.07	0.05	0.07	0.07	0.05
2004	0.20	2.69	2.59	2.05	1.23	0.79	0.50	0.28	0.13	0.13	0.36	0.38	0.13
2005	1.73	2.03	3.19	1.73	1.21	0.84	0.55	0.45	0.30	0.25	0.28	1.17	0.25
2006	1.26	1.81	1.83	2.48	1.26	0.87	0.62	0.47	0.38	0.42	0.73	1.13	0.38
2007	2.80	2.97	1.43	1.34	0.97	0.60	0.45	0.28	0.22	0.20	0.21	0.40	0.20
2008	0.58	1.55	2.47	2.23	1.08	0.73	0.50	0.33	0.29	0.29	0.29	1.37	0.29
2009	2.04	1.28	1.26	1.62	1.18	0.84	0.54	0.47	0.42	0.45	1.14	0.84	0.42
2010	1.57	1.54	1.51	1.18	0.55	0.34	0.21	0.18	0.18	0.23	0.76	1.72	0.18
2011	2.06	2.06	2.03	1.84	0.71	0.68	0.31	0.22	0.17	0.11	0.50	4.05	0.11
2012	2.94	1.81	1.39	1.30	0.93	0.60	0.34	0.20	0.17	0.12	0.35	0.81	0.12
2013	0.74	1.11	1.30	1.73	0.87	0.70	0.41	0.25	0.19	0.22	0.30	2.12	0.19
2014	0.70	0.95	1.68	1.82	1.03	0.74	0.51	0.23	0.07	0.03	0.17	1.82	0.03
2015	0.36	0.23	2.08		1.25	0.82	0.47	0.25	0.22	0.13	0.13	0.29	
2016	0.55	1.13	1.25	0.39	0.34	0.22	0.14	0.10	0.09	0.08	0.10	0.31	0.08
2017	0.20	0.65	0.65	0.77	0.62	0.33	0.19	0.13					
<b>Média</b>	1.38	1.54	1.61	1.48	0.94	0.66	0.44	0.32	0.27	0.26	0.49	1.14	0.24

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

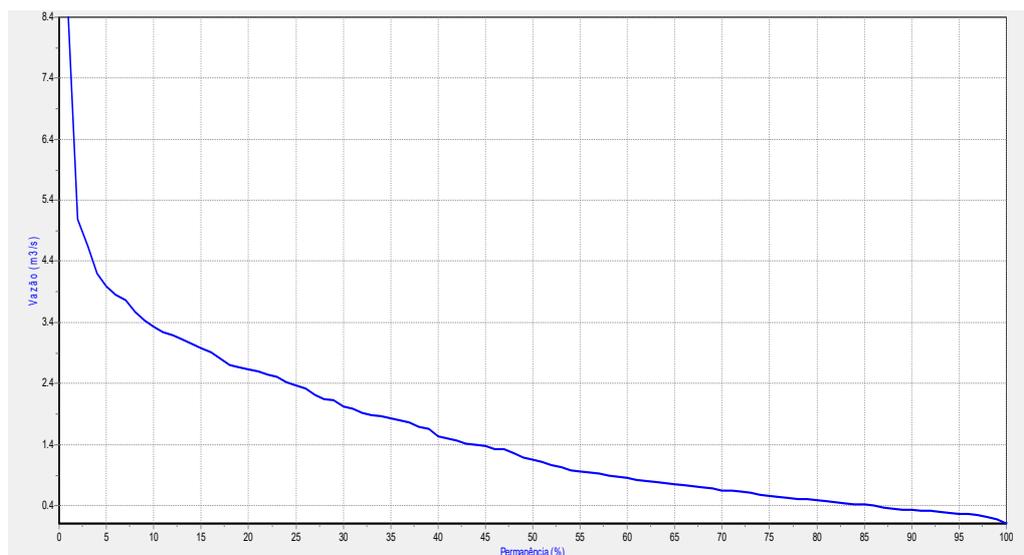


Figura 30 – Curva de permanência das vazões médias-Estação Rodeador –DF 435 (Cód. 60435200)

A vazão Q95 da bacia do Ribeirão Rodeador é de 0,4 m<sup>3</sup>/s e a Q7,10 é de 0,235 m<sup>3</sup>/s.

### 10.2.3 - SUB-BACIA DO CÓRREGO CHAPADINHA

A sub-bacia do córrego Chapadinha apresenta uma área de 20,37 km<sup>2</sup> e é composta pelos córregos Capãozinho, Vendinha e Pulador. A região de Brazlândia encontra-se inserida na sub-bacia do córrego Chapadinha, que confere um significativo grau de urbanização. A vazão média anual observada na sub-bacia é de 0,44 m<sup>3</sup>/s. O hidrograma disponível é apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

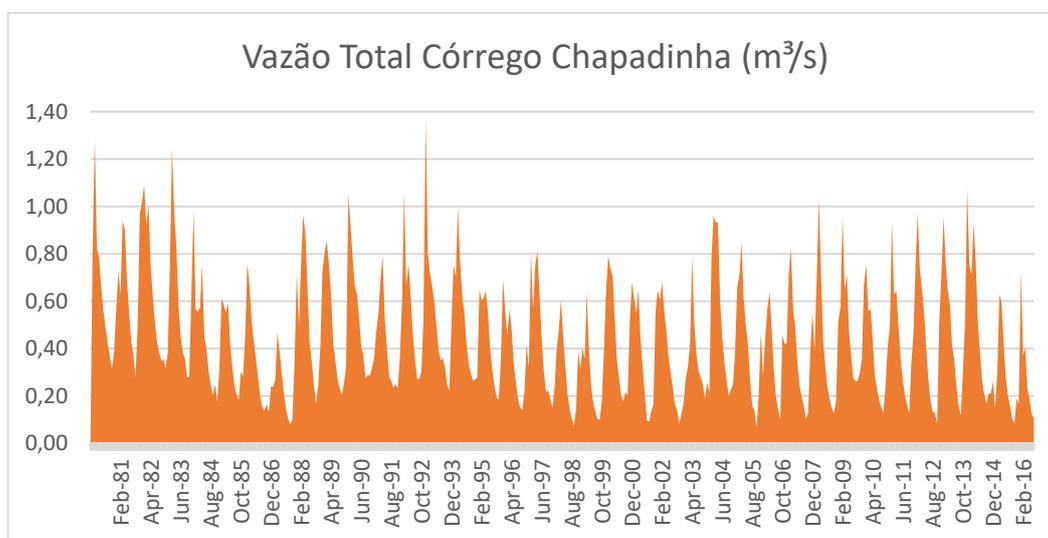


Figura 31 – Vazões médias mensais na sub-bacia do córrego Chapadinha

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

O volume médio disponível para o Córrego Chapadinha é de 1,65 hm<sup>3</sup>/ano.

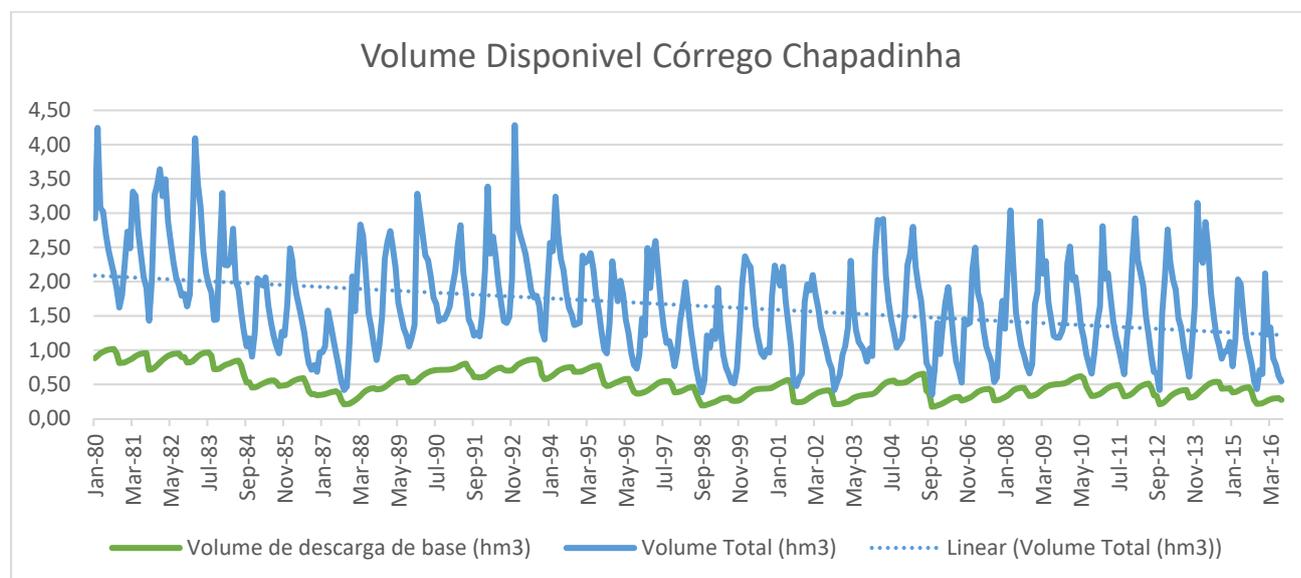


Figura 32 – Volume médio mensal na sub-bacia do córrego Chapadinha

Como pode ser observado na Figura 33, a uma tendencia de decrescimo no volume disponível no córrego chapadinha, apresentando valores abaixo da média anual.

Tabela 22 - Vazões médias mensais estabelecidas para Jan/1980 a Dez/2016 – Estação Chapadinha – Aviário-DF 180 (Cód. 60435100)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1980	0.78	1.28	0.82	0.79	0.66	0.56	0.49	0.42	0.37	0.31	0.38	0.56	0.62
1981	0.72	0.62	0.93	0.89	0.68	0.55	0.43	0.37	0.27	0.50	0.97	1.02	0.66
1982	1.09	0.92	1.00	0.75	0.63	0.51	0.43	0.39	0.34	0.35	0.31	0.39	0.59
1983	0.75	1.24	0.97	0.83	0.58	0.45	0.38	0.36	0.28	0.28	0.64	0.98	0.64
1984	0.56	0.55	0.57	0.75	0.44	0.40	0.30	0.24	0.20	0.25	0.17	0.31	0.40
1985	0.61	0.58	0.55	0.59	0.43	0.33	0.24	0.21	0.18	0.30	0.28	0.45	0.40
1986	0.76	0.67	0.51	0.44	0.36	0.28	0.19	0.16	0.14	0.16	0.13	0.24	0.34
1987	0.24	0.27	0.47	0.39	0.30	0.21	0.14	0.10	0.08	0.10	0.35	0.71	0.28
1988	0.50	0.76	0.97	0.89	0.66	0.42	0.34	0.24	0.17	0.25	0.40	0.72	0.53
1989	0.81	0.85	0.75	0.62	0.42	0.35	0.27	0.23	0.20	0.25	0.32	1.05	0.51
1990	0.93	0.79	0.67	0.63	0.53	0.40	0.37	0.28	0.28	0.29	0.32	0.36	0.49
1991	0.46	0.55	0.68	0.79	0.51	0.40	0.27	0.26	0.23	0.25	0.23	0.36	0.42
1992	0.60	1.06	0.67	0.75	0.63	0.47	0.36	0.27	0.27	0.30	0.52	1.37	0.61

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Média</b>
1993	0.79	0.72	0.66	0.60	0.50	0.40	0.35	0.36	0.32	0.25	0.22	0.51	0.47
1994	0.76	0.70	0.99	0.77	0.62	0.55	0.42	0.33	0.30	0.26	0.27	0.28	0.52
1995	0.65	0.60	0.61	0.64	0.55	0.40	0.31	0.24	0.19	0.18	0.35	0.69	0.45
1996	0.56	0.46	0.56	0.48	0.33	0.25	0.18	0.15	0.14	0.22	0.42	0.32	0.34
1997	0.80	0.56	0.75	0.81	0.62	0.43	0.30	0.21	0.22	0.19	0.15	0.23	0.44
1998	0.39	0.48	0.59	0.45	0.32	0.21	0.14	0.10	0.07	0.14	0.39	0.31	0.30
1999	0.40	0.35	0.63	0.39	0.24	0.17	0.13	0.10	0.10	0.18	0.40	0.65	0.31
2000	0.79	0.74	0.70	0.52	0.36	0.27	0.20	0.18	0.22	0.20	0.52	0.68	0.45
2001	0.61	0.55	0.65	0.44	0.32	0.20	0.10	0.09	0.14	0.16	0.55	0.64	0.37
2002	0.60	0.68	0.56	0.47	0.36	0.30	0.23	0.16	0.14	0.08	0.13	0.16	0.32
2003	0.16	0.21	0.30	0.62	0.39	0.27	0.19	0.17	0.13	<b>0.21</b>	0.26	0.21	0.26
2004	0.77	0.96	0.93	0.93	0.60	0.45	0.35	0.27	0.20	0.22	0.25	0.39	0.53
2005	0.65	0.71	0.85	0.61	0.50	0.42	0.32	0.26	0.25	0.18	0.30	0.50	0.46
2006	0.36	0.48	0.57	0.63	0.49	0.32	0.20	0.15	<b>0.26</b>	<b>0.46</b>	<b>0.46</b>	<b>0.61</b>	0.41
2007	0.74	0.82	<b>0.57</b>	<b>0.49</b>	<b>0.39</b>	<b>0.32</b>	<b>0.28</b>	<b>0.25</b>	<b>0.23</b>	<b>0.23</b>	<b>0.26</b>	<b>0.49</b>	0.42
2008	<b>0.47</b>	<b>0.75</b>	<b>1.00</b>	<b>0.75</b>	<b>0.44</b>	<b>0.34</b>	<b>0.30</b>	<b>0.26</b>	<b>0.26</b>	<b>0.27</b>	<b>0.41</b>	<b>0.67</b>	0.49
2009	<b>0.80</b>	<b>0.61</b>	<b>0.46</b>	<b>0.65</b>	<b>0.50</b>	<b>0.37</b>	<b>0.31</b>	<b>0.29</b>	<b>0.28</b>	<b>0.43</b>	<b>0.46</b>	<b>0.78</b>	0.50
2010	<b>0.63</b>	<b>0.47</b>	<b>0.50</b>	<b>0.46</b>	<b>0.30</b>	<b>0.27</b>	<b>0.24</b>	<b>0.22</b>	<b>0.22</b>	<b>0.27</b>	<b>0.41</b>	<b>0.62</b>	0.38
2011	<b>0.62</b>	<b>0.55</b>	<b>0.57</b>	<b>0.52</b>	<b>0.40</b>	<b>0.31</b>	<b>0.27</b>	<b>0.23</b>	<b>0.22</b>	<b>0.23</b>	<b>0.50</b>	<b>0.91</b>	0.44
2012	<b>0.86</b>	<b>0.61</b>	<b>0.51</b>	<b>0.49</b>	<b>0.37</b>	<b>0.32</b>	<b>0.27</b>	<b>0.23</b>	<b>0.23</b>	<b>0.22</b>	<b>0.49</b>	<b>0.42</b>	0.42
2013	<b>0.68</b>	<b>0.54</b>	<b>0.56</b>	<b>0.59</b>	<b>0.38</b>	<b>0.35</b>	<b>0.27</b>	<b>0.24</b>	<b>0.22</b>	<b>0.29</b>	<b>0.37</b>	<b>0.83</b>	0.44
2014	<b>0.48</b>	<b>0.53</b>	<b>0.66</b>	<b>0.71</b>	<b>0.43</b>	<b>0.34</b>	<b>0.29</b>	<b>0.26</b>	<b>0.21</b>	<b>0.20</b>	<b>0.23</b>	<b>0.73</b>	0.42
2015	<b>0.31</b>	<b>0.53</b>	<b>0.76</b>	<b>0.19</b>	<b>0.51</b>	<b>0.36</b>	<b>0.30</b>	<b>0.25</b>	<b>0.23</b>	<b>0.23</b>	<b>0.28</b>	<b>0.33</b>	0.36
2016	<b>0.68</b>	<b>0.48</b>	<b>0.54</b>	<b>0.34</b>	<b>0.27</b>	<b>0.24</b>	<b>0.22</b>	<b>0.21</b>	<b>0.20</b>	<b>0.22</b>	<b>0.30</b>	<b>0.34</b>	0.34
<b>Média</b>	<b>0.63</b>	<b>0.65</b>	<b>0.68</b>	<b>0.61</b>	<b>0.46</b>	<b>0.36</b>	<b>0.28</b>	<b>0.24</b>	<b>0.22</b>	<b>0.25</b>	<b>0.36</b>	<b>0.56</b>	<b>0.44</b>
<b>Máximas</b>	<b>1.09</b>	<b>1.28</b>	<b>1.00</b>	<b>0.93</b>	<b>0.68</b>	<b>0.56</b>	<b>0.49</b>	<b>0.42</b>	<b>0.37</b>	<b>0.50</b>	<b>0.97</b>	<b>1.37</b>	<b>0.66</b>
<b>Mínimas</b>	<b>0.64</b>	<b>0.66</b>	<b>0.68</b>	<b>0.61</b>	<b>0.45</b>	<b>0.35</b>	<b>0.28</b>	<b>0.23</b>	<b>0.22</b>	<b>0.24</b>	<b>0.36</b>	<b>0.57</b>	<b>0.44</b>

Obs: em **negrito verde** preenchido por correlação linear com a estação Rodeador DF-435

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 23 -Vazões médias mensais – Estação Chapadinha – Aviário-DF 180 (Cód. 60435100)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1978						2.20	1.80	1.52	1.34	1.59	1.40	2.71	
1979	7.25	6.49	4.47	3.56	2.67	2.41	2.33	1.85	1.63	1.38	2.19	2.15	3.20
1980	5.53	8.38	4.11	4.15	3.04	2.52	2.20	1.84	1.81	1.54	2.49	3.77	3.45
1981	4.25	2.99	4.35	4.21	3.01	2.63	2.31	1.78	1.53	2.95	4.87	3.75	3.22
1982	6.21	4.51	5.00	4.06	3.09	2.46	1.90	2.00	1.11	1.47	1.56	2.13	2.96
1983	5.93	8.25	5.78	4.41	2.96	2.47	2.18	1.77	1.55	2.09	3.61	3.99	3.75
1984	3.02	2.99	3.00	3.33	2.19	1.72	1.29	0.98	0.98	1.12	0.87	1.22	1.89
1985	4.43	3.32	3.09	3.13	2.12	1.60	1.34	1.06	0.86	1.32	1.48	2.81	2.21
1986	4.16	3.25	2.62	2.10	1.75	1.27	1.00	0.88	0.66	0.82	0.84	3.26	1.88
1987	2.50	1.71	3.06	2.11	1.59	1.10	0.84	0.68	0.68	0.82	2.33	2.68	1.68
1988	1.98	2.36	4.02	2.82	1.90	1.59	1.30	1.09	0.88	1.32	1.80	2.90	2.00
1989	2.63	2.47	2.54	2.08	1.76	1.45	1.17	1.07	1.05	1.54	2.20	7.22	2.27
1990	4.42	3.80	3.08	2.57	2.24	1.70	1.69	1.26	1.40	1.31	1.50	1.53	2.21
1991	2.55	2.98	4.14	3.54	2.32	1.93	1.58	1.29	1.18	1.15	1.56	2.46	2.22
1992	3.20	5.41	3.25	3.90	2.52	2.21	1.82	1.49	1.42	1.71	2.20	5.67	2.90
1993	2.88	3.48	2.84	3.33	2.55	1.90	1.45	1.35	1.06	1.08	1.11	3.12	2.18
1994	5.33	4.46	7.76	4.81	3.43	2.78	2.24	1.77	1.34	1.39	1.98	2.92	3.35
1995	3.16	2.94	3.59	3.61	2.88	2.06	1.26	0.84	0.66	0.68	1.24	2.56	2.12
1996	1.83	1.43	1.88	1.68	1.24	0.90	0.67	0.57	0.52	0.73	1.79	1.34	1.22
1997	3.69	1.99	3.37	3.35	2.27	1.73	1.19	0.82	0.82	0.69	0.90	1.23	1.84
1998	1.83	1.59	2.03	1.30	0.95	0.74	0.53	0.34	0.19	0.30	1.60	1.84	1.10
1999	1.79	1.45	3.06	1.83	1.49	1.19	0.91	0.54	0.36	0.74	2.08	3.38	1.57
2000	4.19	3.64	3.91	2.75	1.84	1.35	1.09	0.77	1.09	0.78	3.28	3.57	2.35
2001	3.14	2.65	3.50	2.29	1.58	1.14	0.83	0.65	0.60	0.82	2.63	3.54	1.95
2002	4.23	4.35	2.90	2.30	1.65	1.31	1.06	0.79	0.82	0.59	0.93	1.19	1.84
2003	2.78	2.81	2.94	2.95	1.81	1.29	0.87	0.59	0.48	0.41	1.04	1.00	1.58
2004	4.34	7.21	5.29	5.27	2.79	2.10	1.67	1.27	0.81	0.93	1.18	2.65	2.96
2005	3.81	4.33	5.51	3.41	2.53	1.95	1.55	1.18	0.84	0.63	1.79	2.65	2.51
2006	2.22	2.59	3.05	3.66	2.21	1.61	1.14	0.74	0.56	1.85	1.89	2.15	1.97
2007	3.37	4.21	3.04	2.26	1.56	1.17	0.89	0.54	0.30	0.46	1.22	2.22	1.77
2008	2.14	4.07	5.28	3.57	2.18	1.66	1.27	0.90	0.67	0.43	1.18		
2009		4.90	2.76	4.09	2.62	1.82	1.23	0.97	1.10	1.57	1.55	3.43	
2010	4.01	2.75	2.57	2.16	1.31	0.91	0.62	0.44	0.25	0.86	1.88	3.77	1.79
2011	4.83	3.10	3.18	2.24	1.54	1.14	0.74	0.50	0.30	0.90	2.19	5.30	2.16
2012	5.16	3.24	2.81	2.60	1.84	1.44	0.97	0.65	0.51	0.40	2.34	2.04	2.00

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
<b>2013</b>	3.41	2.63	2.78	2.71	1.50	1.31	1.06	0.70	0.53	0.99	1.03	2.64	1.77
<b>2014</b>	2.60	2.31	2.80	3.62	1.83	1.52	1.03	0.64	0.50	0.41	1.04	1.69	1.66
<b>2015</b>	0.62	1.08	2.21	2.58	1.68	0.97	0.65	0.36	0.27	0.55	0.74	1.20	1.08
<b>2016</b>	4.65	2.86	2.35	1.18	0.88	0.47	0.28	0.17	0.12	0.35	0.88	0.84	1.25
<b>2017</b>	0.90	2.28	1.51	1.22	0.65	0.41	0.25	0.14					
<b>Média</b>	3.55	3.52	3.47	2.99	2.05	1.60	1.25	0.97	0.84	1.04	1.75	2.75	2.16

Tabela 24 -Vazões médias máximas mensais – Estação Chapadinha – Aviário-DF 180 (Cód. 60435100)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1978						2.64	1.93	1.69	1.52	3.29	1.81	8.72	
1979	19.80	16.30	11.30	7.91	4.17	3.07	2.43	2.71	2.30	2.17	15.50	5.62	19.80
1980	12.70	36.30	6.11	7.36	4.01	2.71	2.43	1.99	2.43	1.99	4.88	8.25	36.30
1981	14.60	4.35	15.40	11.60	4.61	3.84	2.78	2.11	1.87	6.21	15.10	7.36	15.40
1982	13.80	10.30	11.30	7.91	3.92	2.99	2.11	3.52	1.75	2.78	3.84	5.62	13.80
1983	16.00	29.20	17.20	6.65	3.51	2.77	2.63	2.04	1.85	20.90	8.57	6.15	29.20
1984	5.49	6.15	4.41	6.96	2.63	1.85	1.56	1.14	1.40	2.36	1.09	2.70	6.96
1985	9.48	6.75	6.06	7.16	3.36	1.74	1.51	1.19	1.40	3.06	4.76	6.15	9.48
1986	12.80	5.12	5.12	3.75	3.28	1.51	1.09	1.57	0.85	1.68	1.26	19.90	19.90
1987	7.59	6.14	8.33	2.84	2.25	1.28	0.96	0.77	1.09	1.23	11.60	8.55	11.60
1988	2.44	7.35	21.70	6.94	2.19	1.84	1.42	1.18	0.92	6.94	9.12	12.10	21.70
1989	4.10	4.02	8.33	6.84	2.07	1.63	1.57	1.47	2.13	4.60	10.20	22.40	22.40
1990	11.40	17.00	4.51	5.67	3.71	1.90	3.26	1.42	4.60	3.11	4.18	2.32	17.00
1991	4.26	9.01	15.20	14.20	2.70	2.07	1.73	1.47	1.57	4.02	3.26	3.86	15.20
1992	8.22	16.50	7.56	15.90	3.19	2.50	2.19	1.96	2.07	3.19	3.94	10.40	16.50
1993	5.39	6.24	4.77	14.40	6.53	2.50	1.63	1.79	1.57	1.42	1.79	16.50	16.50
1994	13.70	16.10	24.70	7.67	4.68	3.40	2.57	2.01	1.52	4.34	4.51	8.66	24.70
1995	10.70	4.60	9.36	11.40	3.86	2.38	1.84	1.01	0.80	1.01	5.57	6.43	11.40
1996	2.97	2.13	8.66	2.84	1.96	1.09	0.80	0.80	0.88	2.01	9.12	2.01	9.12
1997	11.30	2.83	13.30	5.20	3.59	2.27	1.52	0.99	3.37	1.38	2.83	2.96	13.30
1998	8.24	2.45	3.52	1.72	1.20	0.95	0.63	0.45	0.28	1.11	4.94	5.73	8.24
1999	5.28	2.27	9.84	2.35	1.83	1.36	1.04	0.87	0.79	4.67	5.15	7.01	9.84
2000	8.36	8.59	13.80	4.21	2.84	1.54	1.23	1.17	1.81	10.80	12.30	12.70	13.80
2001	12.60	5.96	14.10	5.25	1.94	1.41	0.95	1.00	1.00	1.41	17.00	17.30	17.30
2002	18.50	8.95	5.05	4.30	1.87	1.48	1.23	1.11	1.29	0.95	1.94	2.60	18.50
2003	5.93	6.72	5.38	7.19	2.08	1.69	1.06	0.76	0.76	0.88	2.40	2.66	7.19
2004	19.50	37.50	27.90	15.30	3.37	2.40	1.84	1.47	1.00	2.66	2.66	29.80	37.50
2005	10.10	21.00	10.50	5.17	3.47	2.32	1.77	1.62	1.00	1.00	13.20	5.06	21.00
2006	4.54	6.96	5.38	13.20	2.49	1.88	1.34	0.99	0.90	3.73	4.20	4.30	13.20
2007	5.74	8.18	5.26	3.67	2.15	1.33	1.07	0.67	0.38	1.07	2.91	6.04	8.18

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
2008	5.81	15.60	13.70	5.47	2.74	1.91	1.61	1.01	0.77	0.61	2.39		
2009		21.00	6.89	19.20	5.54	2.63	1.46	2.09	3.22	2.82	3.02	19.20	
2010	37.10	11.30	5.03	4.08	1.61	1.05	0.81	0.55	0.33	2.09	8.07	26.30	37.10
2011	13.10	7.32	6.34	3.43	1.76	1.32	0.93	0.70	0.33	3.02	10.60	15.10	15.10
2012	13.70	5.32	4.51	5.11	2.48	1.99	1.10	0.84	0.84	0.84	6.82	4.11	13.70
2013	11.10	3.92	5.52	8.65	1.99	1.83	1.32	0.81	0.70	4.79	2.87	5.58	11.10
2014	5.16	4.16	5.37	13.20	2.35	1.76	1.32	0.82	1.05	1.05	5.03	6.07	13.20
2015	0.93	2.81	6.34	5.53	2.62	1.14	0.79	0.49	0.49	26.00	2.17	4.12	26.00
2016	41.20	21.80	6.62	1.61	1.46	0.61	0.34	0.21	0.21	4.78	3.85	3.01	41.20
2017	5.76	8.09	4.30	2.81	0.79	0.51	0.32	0.21					
<b>Média</b>	11.00	10.70	9.45	7.30	2.89	1.93	1.50	1.27	1.36	3.90	6.01	9.04	17.80

Tabela 25 -Vazões médias mínimas mensais – Estação Chapadinha – Aviário-DF 180 (Cód. 60435100)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mínima
1978						1.93	1.69	1.37	1.17	1.02	1.12	1.12	
1979	2.11	3.92	3.37	2.24	2.37	2.17	1.87	1.52	1.37	1.12	1.26	1.42	1.12
1980	2.57	3.44	3.14	3.14	2.71	2.43	1.99	1.69	1.52	1.21	1.63	2.37	1.21
1981	2.99	2.37	1.93	3.07	2.71	2.30	1.87	1.47	1.31	1.63	3.29	2.78	1.31
1982	3.68	2.92	3.37	3.37	2.78	2.11	1.75	1.17	0.94	0.94	1.12	1.02	0.94
1983	3.44	4.58	3.99	3.44	2.70	2.29	2.04	1.56	1.29	1.24	2.10	2.84	1.24
1984	1.56	1.85	2.63	2.49	1.79	1.56	1.04	0.86	0.78	0.65	0.69	0.91	0.65
1985	1.45	2.23	2.49	2.29	1.74	1.45	1.19	0.91	0.73	0.82	0.95	1.14	0.73
1986	2.56	2.49	2.16	1.85	1.45	1.09	0.86	0.00	0.49	0.46	0.52	0.73	0.00
1987	0.04	1.18	1.52	1.73	1.28	0.96	0.73	0.59	0.53	0.59	0.73	1.52	0.04
1988	1.57	1.63	2.07	2.13	1.79	1.42	1.18	0.92	0.84	0.62	1.23	1.73	0.62
1989	1.96	1.84	2.07	1.84	1.57	1.32	1.05	0.88	0.88	0.92	1.32	2.44	0.88
1990	2.84	2.57	2.44	1.96	1.79	1.52	1.37	1.09	1.05	0.84	1.14	1.18	0.84
1991	1.42	2.25	2.44	2.70	2.01	1.73	1.42	1.09	0.96	0.73	0.77	1.37	0.73
1992	1.68	3.26	2.63	2.57	1.73	2.01	1.63	1.42	1.32	1.32	1.57	2.07	1.32
1993	2.07	2.07	2.07	2.38	2.07	1.57	1.28	1.14	0.84	0.84	0.80	0.84	0.80
1994	3.04	3.33	3.63	3.63	3.11	2.50	1.96	1.52	1.18	1.05	0.84	1.96	0.84
1995	2.32	2.19	2.01	2.57	2.32	1.84	0.96	0.73	0.56	0.53	0.73	1.05	0.53
1996	1.28	1.14	1.23	1.32	1.09	0.77	0.56	0.46	0.41	0.35	0.43	0.96	0.35
1997	1.93	1.11	2.39	2.39	1.42	1.11	0.73	0.63	0.57	0.48	0.43	0.84	0.43
1998	0.70	1.11	1.11	0.73	0.73	0.57	0.20	0.20	0.14	0.14	0.57	1.11	0.14

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mínima
1999	1.11	1.03	1.93	1.56	1.26	0.96	0.72	0.23	0.17	0.17	0.64	1.94	0.17
2000	2.68	2.76	2.60	2.01	1.48	1.23	0.89	0.50	0.59	0.38	1.54	2.53	0.38
2001	2.16	1.94	2.23	1.74	1.35	0.95	0.74	0.50	0.42	0.50	0.55	1.81	0.42
2002	2.76	2.84	2.23	1.87	1.48	1.17	0.89	0.64	0.50	0.34	0.59	0.34	0.34
2003	1.54	1.77	2.00	2.08	1.54	1.06	0.70	0.49	0.22	0.11	0.54	0.30	0.11
2004	1.13	3.10	3.37	3.28	2.40	1.84	1.47	1.06	0.65	0.54	0.65	0.82	0.54
2005	2.32	2.66	3.28	2.83	2.16	1.69	1.33	0.82	0.70	0.44	0.76	1.54	0.44
2006	1.19	1.62	1.06	1.54	1.40	1.43	0.90	0.56	0.15	0.47	0.90	0.00	0.00
2007	1.61	2.43	2.07	1.91	1.33	1.01	0.72	0.42	0.22	0.19	0.30	0.52	0.19
2008	0.95	1.68	3.28	2.74	1.91	1.47	0.89	0.77	0.52	0.19	0.26		
2009		0.70	2.09	2.09	1.32	1.46	1.05	0.70	0.70	0.93	1.18	1.61	
2010	2.45	2.09	1.32	1.46	1.05	0.75	0.50	0.33	0.13	0.26	1.25	1.39	0.13
2011	2.63	2.27	2.54	1.76	1.32	0.93	0.65	0.37	0.26	0.26	0.81	2.27	0.26
2012	3.36	2.65	2.15	1.99	1.52	1.24	0.84	0.54	0.33	0.19	0.96	1.24	0.19
2013	1.10	1.99	1.68	1.83	1.24	0.96	0.81	0.60	0.41	0.41	0.30	1.00	0.30
2014	1.71	1.41	2.03	2.19	1.41	1.32	0.82	0.51	0.34	0.15	0.27	0.71	0.15
2015	0.42	0.42	0.93	1.76	1.18	0.79	0.49	0.26	0.14	0.10	0.26	0.59	0.10
2016	0.82	0.93	1.61	0.93	0.61	0.34	0.21	0.15	0.10	0.10	0.21	0.34	0.10
2017	0.31	0.69	1.12	0.82	0.56	0.32	0.19	0.08					
Média	1.88	2.11	2.26	2.16	1.68	1.39	1.05	0.77	0.65	0.60	0.90	1.32	0.52

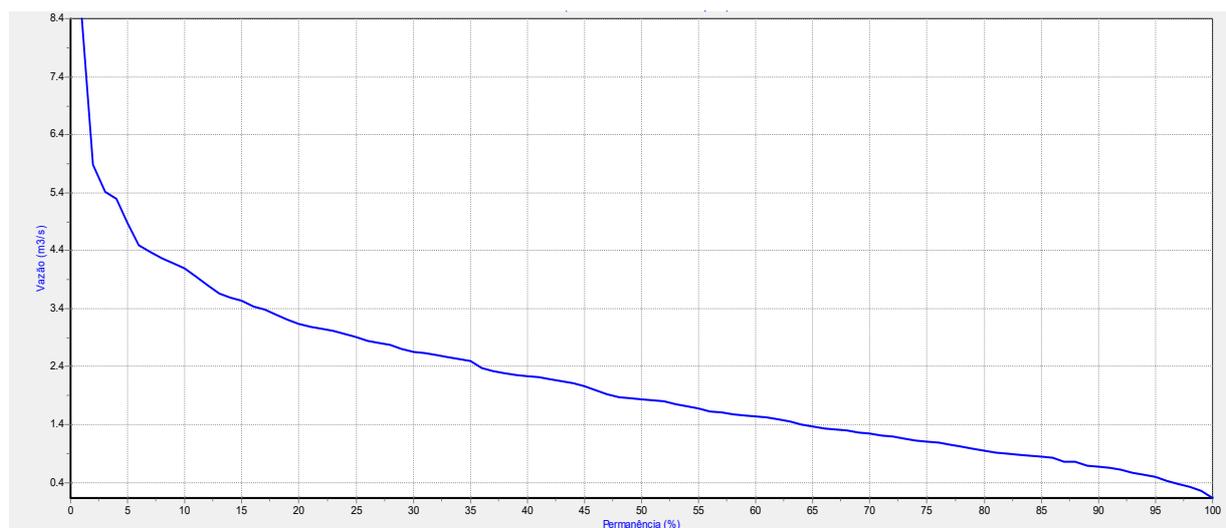


Figura 34 – Curva de permanência das vazões médias-Estação Chapadinha – Aviário-DF 180 (Cód. 60435100)

## PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

A curva de permanência determinada apresenta uma vazão de 1,6 m<sup>3</sup>/s em 50% do tempo, uma Q95 de 0,4 m<sup>3</sup>/s e a Q 7,10 de 0,61 m<sup>3</sup>/s.

### 10.2.4 - SUB-BACIA DO CÓRREGO OLARIA

A sub-bacia do córrego Olaria apresenta uma área de drenagem de 13,2 km<sup>2</sup> e se caracteriza por ser uma bacia de uso agrícola familiar. O monitoramento na bacia ocorreu de 1985 a 2014, não possuindo dados de 2015 e 2016. A vazão média para o período observado é de 0,30 m<sup>3</sup>/s. O hidrograma das vazões médias disponível é apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** O volume total médio determinado para o Córrego Olaria é de 1,16 hm<sup>3</sup>.

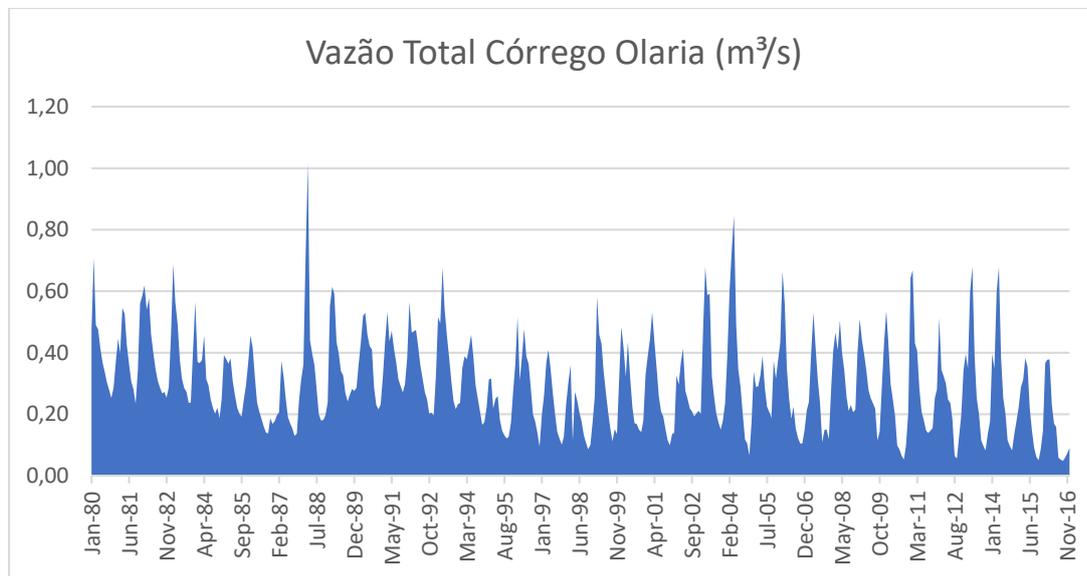


Figura 35 – Vazões médias mensais na sub-bacia do córrego Olaria.

O volume total médio determinado para o Córrego Olaria é de 1,16 hm<sup>3</sup>/ano.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

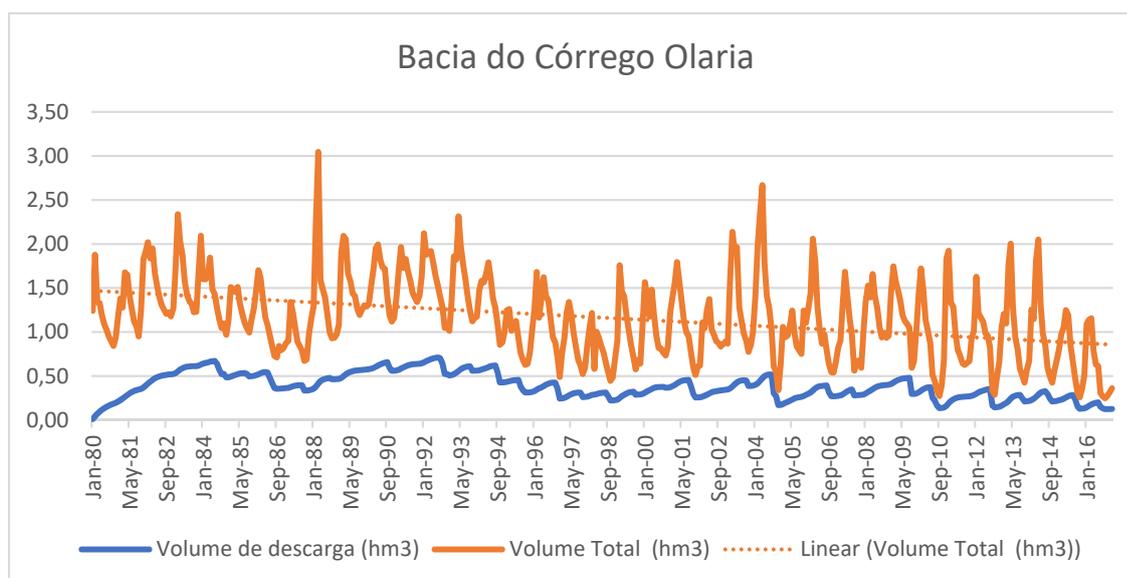


Figura 36 – Volume médio mensal na sub-bacia do córrego Olaria

Como pode ser observado na Figura 37, os anos de 2015 e 2016 apresentam valores médios anuais de 0,73 e 0,60 hm<sup>3</sup>. Estes abaixo da média anual determinada, demonstrando um decréscimo no volume de água disponível para os diversos usos previstos.

Tabela 26 - Vazões médias mensais estabelecidas para Jan/1980 a Dez/2016 – Estação Olaria – DF 080 (Cód. 60435150)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1980	0.47	0.71	0.49	0.48	0.41	0.37	0.34	0.30	0.28	0.25	0.29	0.37	0.40
1981	0.45	0.40	0.55	0.53	0.43	0.36	0.31	0.28	0.23	0.34	0.56	0.59	0.42
1982	0.62	0.54	0.58	0.46	0.40	0.35	0.31	0.29	0.27	0.27	0.25	0.29	0.38
1983	0.46	0.69	0.56	0.49	0.38	0.32	0.28	0.27	0.24	0.24	0.41	0.56	0.41
1984	0.37	0.37	0.38	0.46	0.31	0.29	0.25	0.22	0.20	0.22	0.19	0.25	0.29
1985	0.39	0.38	0.36	0.38	0.31	0.26	0.22	0.20	0.19	0.25	0.29	0.37	0.30
1986	0.46	0.45	0.39	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.24	0.23	0.25	0.24
1987	0.27	0.29	0.43	0.40	0.33	0.27	0.24	0.21	0.17	0.18	0.29	0.39	0.29
1988	0.45	0.46	0.56	0.52	0.42	0.31	0.27	0.22	0.18	0.22	0.30	0.44	0.36
1989	0.48	0.51	0.47	0.44	0.41	0.34	0.25	0.23	0.23	0.25	0.30	0.52	0.37
1990	0.61	0.60	0.52	0.49	0.45	0.44	0.38	0.35	0.37	0.40	0.39	0.40	0.45
1991	0.42	0.50	0.59	0.60	0.53	0.49	0.48	0.33	0.27	0.25	0.27	0.38	0.42
1992	0.50	0.61	0.50	0.54	0.48	0.43	0.37	0.34	0.32	0.35	0.44	0.64	0.46
1993	0.54	0.54	0.54	0.48	0.42	0.37	0.32	0.29	0.23	0.24	0.22	0.38	0.38
1994	0.53	0.52	0.65	0.56	0.49	0.43	0.35	0.29	0.25	0.27	0.28	0.39	0.42

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Média</b>
1995	0.39	0.38	0.41	0.46	0.38	0.30	0.25	0.21	0.17	0.17	0.22	0.31	0.30
1996	0.32	0.20	0.22	0.23	0.18	0.15	0.14	0.13	0.14	0.17	0.23	0.28	0.20
1997	0.36	0.26	0.31	0.36	0.31	0.30	0.24	0.19	0.17	0.14	0.11	0.19	0.24
1998	0.23	0.29	0.31	0.28	0.23	0.19	0.15	0.13	0.12	0.14	0.21	0.25	0.21
1999	0.28	0.10	0.23	0.20	0.17	0.15	0.11	0.09	0.08	0.09	0.15	0.21	0.16
2000	0.38	0.33	0.31	0.27	0.23	0.19	0.15	0.12	0.15	0.12	0.25	0.34	0.24
2001	0.31	0.26	0.32	0.26	0.20	0.17	0.17	0.16	0.15	0.18	0.30	0.35	0.23
2002	0.39	0.45	0.38	0.27	0.23	0.20	0.19	0.16	0.14	0.12	0.15	0.15	0.24
2003	0.22	0.21	0.24	0.26	0.21	0.19	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.20
2004	0.27	0.33	0.31	0.32	0.23	0.20	0.17	0.16	0.14	0.16	0.18	0.31	0.23
2005	0.43	0.49	0.55	0.37	0.28	0.25	0.19	0.12	0.11	0.08	0.17	0.32	0.28
2006	0.29	0.29	0.32	0.37	0.28	0.22	0.21	0.20	0.33	0.29	0.33	0.37	0.29
2007	0.50	0.44	0.31	0.24	0.19	0.24	0.18	0.14	0.12	0.12	0.17	0.23	0.24
2008	0.26	0.37	0.47	0.39	0.32	0.26	0.13	0.17	0.17	0.23	0.14	0.29	0.27
2009	0.38	0.43	0.39	0.45	0.38	0.34	0.27	0.23	0.25	0.23	0.24	0.38	0.33
2010	0.39	0.35	0.32	0.29	0.24	0.22	0.21	0.20	0.11	0.14	0.24	0.33	0.25
2011	0.40	0.34	0.37	0.33	0.28	0.17	0.15	0.11	0.09	0.16	0.27	0.47	0.26
2012	0.49	0.35	0.34	0.25	0.20	0.18	0.15	0.14	0.15	0.15	0.23	0.25	0.24
2013	0.39	0.30	0.28	0.27	0.23	0.22	0.18	0.06	0.05	0.13	0.17	0.29	0.21
2014	0.33	0.30	0.45	0.50	0.33	0.23	0.19	0.19	0.16	0.14	0.21	0.26	0.27
2015	0.22	0.29	0.31	0.38	0.35	0.22	0.15	0.09	0.06	0.05	0.09	0.15	0.20
2016	0.37	0.38	0.38	0.23	0.17	0.16	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.17
<b>Média</b>	<b>0.39</b>	<b>0.40</b>	<b>0.41</b>	<b>0.38</b>	<b>0.31</b>	<b>0.27</b>	<b>0.22</b>	<b>0.19</b>	<b>0.18</b>	<b>0.19</b>	<b>0.24</b>	<b>0.33</b>	<b>0.29</b>
<b>Máximas</b>	<b>0.62</b>	<b>0.71</b>	<b>0.65</b>	<b>0.60</b>	<b>0.53</b>	<b>0.49</b>	<b>0.48</b>	<b>0.35</b>	<b>0.37</b>	<b>0.40</b>	<b>0.56</b>	<b>0.64</b>	<b>0.46</b>
<b>Mínimas</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.41</b>	<b>0.38</b>	<b>0.31</b>	<b>0.27</b>	<b>0.23</b>	<b>0.19</b>	<b>0.18</b>	<b>0.19</b>	<b>0.24</b>	<b>0.33</b>	<b>0.29</b>

Obs: em **negrito amarelo**, valores preenchidos por correlação linear com a estação Chapadinha do Aviário 180.

Tabela 27 -Vazões médias mensais – Estação Olaria –DF 080 (Cód. 60435150)

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Média</b>
<b>1985</b>											0.29	0.37	
<b>1986</b>	0.46	0.45	0.39	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.24	0.23	0.25	0.24
<b>1987</b>	0.27	0.29	0.43	0.40	0.33	0.27	0.24	0.21	0.17	0.18	0.29	0.39	0.29
<b>1988</b>	0.45												

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1989			0.47	0.44	0.41	0.34	0.25	0.23	0.23	0.25	0.30	0.52	
1990	0.61	0.60	0.52	0.49	0.45	0.44	0.38	0.35	0.37	0.40	0.39	0.40	0.45
1991	0.42	0.50	0.59	0.60	0.53	0.49	0.48	0.33	0.27	0.25	0.27	0.38	0.43
1992	0.50	0.61	0.50	0.54	0.48	0.43	0.37	0.34	0.32	0.35	0.44	0.64	0.46
1993	0.54	0.54	0.54	0.48	0.42	0.37	0.32	0.29	0.23	0.24	0.22	0.38	0.38
1994	0.53	0.52	0.65	0.56	0.49	0.43	0.35	0.29	0.25	0.27	0.28	0.39	0.42
1995	0.39	0.38	0.41	0.46	0.38	0.30	0.25	0.21	0.17	0.17	0.22	0.31	0.31
1996	0.32	0.20	0.22	0.23	0.18	0.15	0.14	0.13	0.14	0.17	0.23	0.28	0.20
1997	0.36	0.26	0.31	0.36	0.31	0.30	0.24	0.19	0.17	0.14	0.11	0.19	0.24
1998	0.23	0.29	0.31	0.28	0.23	0.19	0.15	0.13	0.12	0.14	0.21	0.25	0.21
1999	0.28	0.10	0.23	0.20	0.17	0.15	0.11	0.09	0.08	0.09	0.15	0.21	0.16
2000	0.38	0.33	0.31	0.27	0.23	0.19	0.15	0.12	0.15	0.12	0.25	0.34	0.24
2001	0.31	0.26	0.32	0.26	0.20	0.17	0.17	0.16	0.15	0.18	0.30	0.35	0.23
2002	0.39	0.45	0.38	0.27	0.23	0.20	0.19	0.16	0.14	0.12	0.15	0.15	0.24
2003	0.22	0.21	0.24	0.26	0.21	0.19	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.20
2004	0.27	0.33	0.31	0.32	0.23	0.20	0.17	0.16	0.14	0.16	0.18	0.31	0.23
2005	0.43	0.49	0.55	0.37	0.28	0.25	0.19	0.12	0.11	0.08	0.17	0.32	0.28
2006	0.29	0.29	0.32	0.37	0.28	0.22	0.21	0.20	0.33	0.29	0.33	0.37	0.29
2007	0.50	0.44	0.31	0.24	0.19	0.24	0.18	0.14	0.12	0.12	0.17	0.23	0.24
2008	0.26	0.37	0.47	0.39	0.32	0.26	0.13	0.17	0.17		0.14	0.29	
2009	0.38	0.43	0.39	0.45	0.38	0.34	0.27	0.23	0.25	0.23	0.24	0.38	0.33
2010	0.39	0.35	0.32	0.29	0.24	0.22	0.21	0.20	0.11	0.14	0.24	0.33	0.25
2011	0.40	0.34	0.37	0.33	0.28	0.17	0.15	0.11	0.09	0.16	0.27	0.47	0.26
2012	0.49	0.35	0.34	0.25	0.20	0.18	0.15	0.14	0.15	0.15	0.23	0.25	0.24
2013	0.39	0.30	0.28	0.27	0.23	0.22	0.18	0.06	0.05	0.13	0.17	0.29	0.21
2014	0.33	0.30	0.45	0.50	0.33	0.23	0.19	0.19	0.16	0.14	0.21	0.26	0.27
2015	0.22	0.29	0.31	0.38	0.35	0.22	0.15	0.09	0.06	0.05	0.09	0.15	0.20
2016	0.37	0.38	0.38	0.23	0.17	0.16	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.17
2017	0.14	0.27	0.29	0.31	0.19	0.11	0.08	0.05					
<b>Média</b>	0.37	0.36	0.38	0.35	0.29	0.25	0.21	0.18	0.17	0.18	0.23	0.31	0.27

Tabela 28 -Vazões médias máximas mensais – Estação Olaria –DF 080 (Cód. 60435150)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1985											1.02	0.64	
1986	0.83	0.65	0.44	0.20	0.20	0.16	0.15	0.18	0.15	0.36	0.42	0.36	0.83
1987	0.36	0.34	0.68	0.46	0.44	0.28	0.26	0.24	0.20	0.24	1.37	0.61	1.37
1988	0.51												

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1989			1.26	0.49	0.43	0.39	0.29	0.25	0.29	0.37	0.35	1.62	
1990	0.72	0.85	0.62	0.78	0.51	0.46	0.44	0.39	0.53	0.48	0.62	0.74	0.85
1991	0.50	0.96	0.91	0.93	0.56	0.52	0.50	0.50	0.30	0.27	0.60	0.52	0.96
1992	0.87	0.70	0.56	1.49	0.64	0.45	0.43	0.47	0.40	0.43	0.64	1.10	1.49
1993	1.03	1.45	1.45	0.78	0.52	0.43	0.33	0.40	0.33	0.30	0.40	0.78	1.45
1994	1.41	1.11	1.16	0.64	0.55	0.51	0.41	0.30	0.27	0.34	0.41	0.82	1.41
1995	0.87	0.61	1.51	0.55	0.45	0.32	0.30	0.23	0.19	0.45	0.78	0.67	1.51
1996	0.55	0.23	0.41	0.43	0.19	0.18	0.15	0.15	0.15	0.29	0.57	0.40	0.57
1997	0.53	0.49	0.47	0.96	0.42	0.35	0.30	0.23	0.23	0.18	0.30	0.40	0.96
1998	0.41	1.22	0.50	0.36	0.27	0.22	0.18	0.18	0.15	0.29	0.31	0.48	1.22
1999	0.60	0.22	0.96	0.30	0.20	0.18	0.14	0.13	0.13	0.19	0.26	0.29	0.96
2000	0.90	0.52	0.60	0.31	0.26	0.23	0.18	0.21	0.47	0.90	0.54	0.80	0.90
2001	0.80	0.36	0.52	0.36	0.28	0.20	0.21	0.21	0.23	0.35	1.27	0.51	1.27
2002	0.51	0.82	0.44	0.35	0.25	0.24	0.22	0.20	0.17	0.16	0.38	0.25	0.82
2003	0.84	0.25	0.43	0.32	0.23	0.21	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20	0.22	0.84
2004	0.70	0.99	0.65	0.65	0.26	0.22	0.19	0.18	0.16	0.28	0.48	0.70	0.99
2005	0.58	1.28	0.81	0.47	0.31	0.28	0.23	0.19	0.23	0.14	0.47	0.54	1.28
2006	0.38	0.64	0.54	0.73	0.37	0.24	0.22	0.24	0.44	1.13	0.44	0.44	1.13
2007	1.86	0.97	0.43	0.31	0.22	0.30	0.21	0.17	0.16	0.19	0.30	0.35	1.86
2008	0.42	1.18	1.40	0.74	0.35	0.32	0.17	0.19	0.71		0.25	0.54	
2009	0.57	0.68	0.51	1.27	0.46	0.39	0.32	0.28	0.52	0.35	0.30	1.40	1.40
2010	0.63	0.40	0.44	0.41	0.27	0.24	0.29	0.29	0.12	0.21	0.41	1.01	1.01
2011	0.57	0.49	0.49	0.48	0.30	0.18	0.18	0.14	0.11	0.51	0.94	1.06	1.06
2012	0.98	0.51	0.51	0.35	0.25	0.23	0.17	0.16	0.18	0.18	0.37	0.34	0.98
2013	0.81	0.42	0.31	0.31	0.25	0.25	0.21	0.08	0.08	0.34	0.98	0.51	0.98
2014	0.81	0.46	0.98	0.93	0.42	0.27	0.27	0.24	0.23	0.24	0.34	0.32	0.98
2015	0.49	0.73	0.51	0.66	0.83	0.27	0.18	0.14	0.09	0.18	0.34	0.52	0.83
2016	0.93	0.66	0.52	0.35	0.20	0.18	0.12	0.07	0.07	0.10	0.11	0.23	0.93
2017	0.39	0.46	0.80	0.50	0.24	0.14	0.11	0.06					
<b>Média</b>	<b>0.72</b>	<b>0.69</b>	<b>0.70</b>	<b>0.58</b>	<b>0.36</b>	<b>0.29</b>	<b>0.24</b>	<b>0.22</b>	<b>0.25</b>	<b>0.33</b>	<b>0.52</b>	<b>0.62</b>	<b>1.10</b>

Tabela 29 -Vazões médias mínimas mensais – Estação Olaria –DF 080 (Cód. 60435150)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mínima
1985											0.27	0.29	
1986	0.42	0.38	0.38	0.16	0.15	0.14	0.12	0.12	0.11	0.22	0.20	0.20	0.11
1987	0.26	0.26	0.30	0.38	0.28	0.24	0.22	0.17	0.13	0.15	0.17	0.34	0.13
1988	0.42												
1989			0.41	0.41	0.39	0.27	0.23	0.21	0.21	0.21	0.23	0.31	
1990	0.53	0.53	0.48	0.46	0.44	0.44	0.34	0.31	0.31	0.36	0.36	0.36	0.31
1991	0.35	0.45	0.52	0.56	0.52	0.47	0.45	0.27	0.24	0.21	0.21	0.27	0.21
1992	0.40	0.56	0.45	0.45	0.43	0.40	0.35	0.30	0.27	0.30	0.35	0.47	0.27

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Mínima</b>
1993	0.45	0.47	0.47	0.43	0.40	0.33	0.30	0.27	0.21	0.21	0.18	0.18	0.18
1994	0.47	0.47	0.49	0.51	0.47	0.38	0.30	0.25	0.23	0.23	0.18	0.32	0.18
1995	0.32	0.32	0.34	0.41	0.32	0.28	0.23	0.17	0.14	0.14	0.17	0.23	0.14
1996	0.30	0.18	0.18	0.18	0.17	0.14	0.11	0.03	0.11	0.13	0.17	0.26	0.03
1997	0.30	0.23	0.25	0.32	0.28	0.27	0.17	0.13	0.11	0.08	0.03	0.11	0.03
1998	0.14	0.23	0.25	0.23	0.19	0.17	0.09	0.11	0.08	0.09	0.15	0.22	0.08
1999	0.23	0.08	0.12	0.18	0.15	0.12	0.10	0.06	0.05	0.07	0.09	0.16	0.05
2000	0.31	0.29	0.26	0.23	0.18	0.15	0.11	0.08	0.09	0.05	0.18	0.26	0.05
2001	0.26	0.21	0.21	0.20	0.15	0.14	0.10	0.10	0.10	0.12	0.16	0.26	0.10
2002	0.33	0.38	0.33	0.24	0.20	0.17	0.16	0.13	0.11	0.10	0.12	0.11	0.10
2003	0.18	0.20	0.20	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.15	0.14	0.14
2004	0.17	0.27	0.22	0.22	0.20	0.18	0.15	0.14	0.13	0.13	0.16	0.21	0.13
2005	0.37	0.39	0.42	0.31	0.24	0.19	0.15	0.08	0.05	0.03	0.10	0.19	0.03
2006	0.19	0.23	0.23	0.33	0.24	0.21	0.20	0.18	0.29	0.20	0.29	0.32	0.18
2007	0.35	0.38	0.24	0.21	0.11	0.17	0.14	0.12	0.08	0.08	0.06	0.12	0.06
2008	0.17	0.28	0.37	0.33	0.28	0.21	0.03	0.14	0.10		0.12	0.21	
2009	0.32	0.37	0.33	0.37	0.33	0.32	0.23	0.21	0.19	0.17	0.23	0.28	0.17
2010	0.30	0.29	0.27	0.24	0.23	0.20	0.17	0.09	0.09	0.08	0.17	0.21	0.08
2011	0.30	0.29	0.32	0.24	0.24	0.12	0.12	0.08	0.08	0.06	0.15	0.27	0.06
2012	0.35	0.30	0.26	0.20	0.18	0.15	0.12	0.12	0.12	0.14	0.15	0.22	0.12
2013	0.25	0.22	0.26	0.23	0.22	0.11	0.06	0.05	0.03	0.02	0.07	0.01	0.01
2014	0.26	0.20	0.35	0.39	0.22	0.21	0.15	0.14	0.12	0.11	0.17	0.21	0.11
2015	0.18	0.18	0.17	0.28	0.26	0.16	0.12	0.06	0.03	0.02	0.03	0.08	0.02
2016	0.15	0.26	0.30	0.16	0.14	0.14	0.04	0.04	0.03	0.02	0.05	0.02	0.02
2017	0.01	0.11	0.21	0.22	0.14	0.08	0.03	0.03					
<b>Média</b>	0.29	0.30	0.31	0.30	0.26	0.22	0.17	0.14	0.13	0.13	0.17	0.22	0.11

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

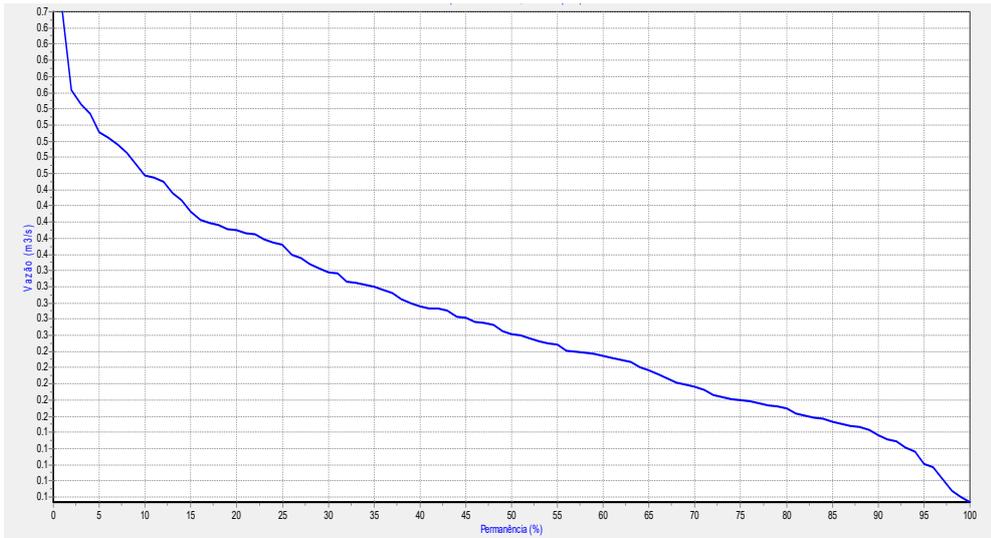


Figura 38 – Curva de permanência das vazões médias-Estação Olaria –DF 080 (Cód. 60435150)

Conforme curva de permanência da Estação do Córrego Olaria a vazão Q95 é de 0,1 m<sup>3</sup>/s. A vazão Q7,10 determina é de 0,065 m<sup>3</sup>/s.

### 10.2.5 - SUB-BACIA DO CÓRREGO CAPÃO COMPRIDO

A sub-bacia do córrego Capão Comprido abrange uma área de 16,6 km<sup>2</sup> de drenagem e apresenta uma média anual de vazão histórica de 0,36 m<sup>3</sup>/s. O hidrograma das vazões médias disponíveis é apresentado na Figura 39.

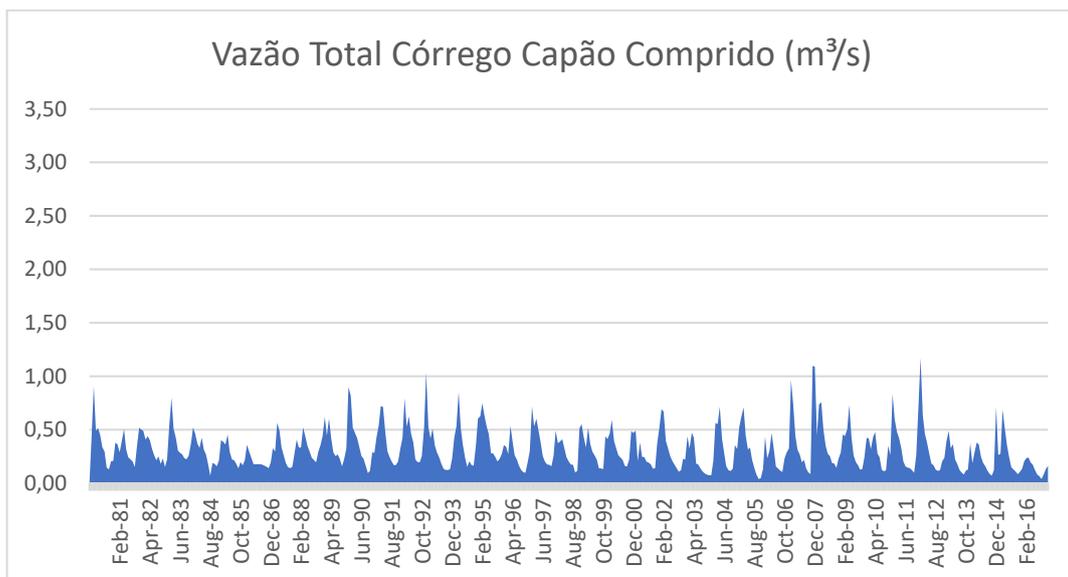


Figura 39 – Vazões médias mensais na sub-bacia do córrego Capão Comprido

O volume total determinado para a Sub bacia do Córrego Capão Comprido é de 1,32 hm<sup>3</sup>/ano.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

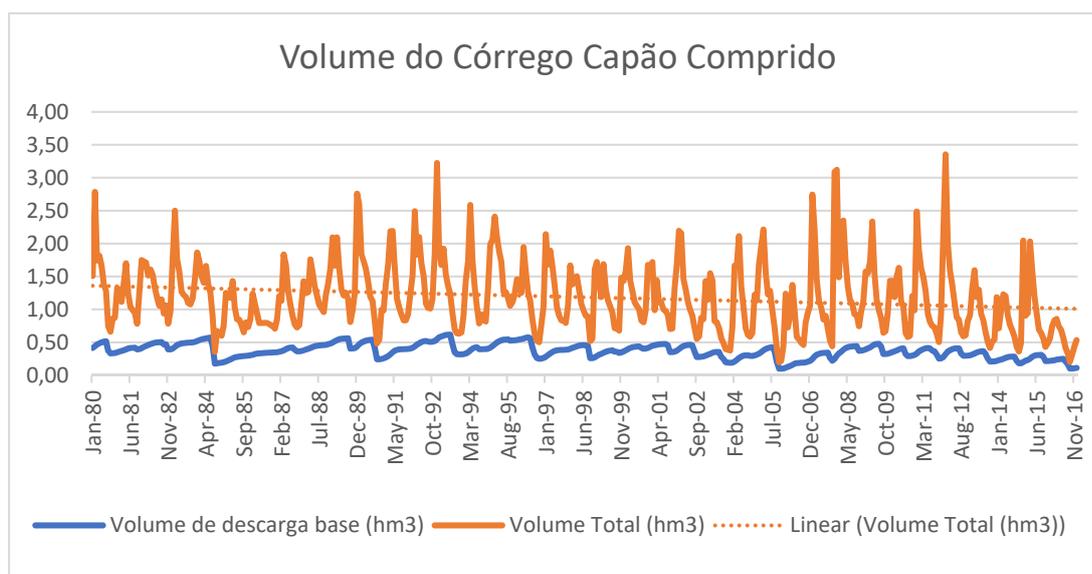


Figura 40 – Volume médio mensal na sub-bacia do córrego Capão Comprido

Os volumes médios mensais apresentados na Figura 41, apontam para um decanamento de 0,5 hm<sup>3</sup> a partir do ano de 2010. Este demonstra que a disponibilidade hídrica da bacia do Capão comprido vem decaindo anualmente. Deve ser observado que a o mesmo não ocorre com a vazão de base o qual permanece praticamente constante.

Tabela 30 - Vazões médias mensais estabelecidas para Jan/1980 a Dez/2016 – Estação Capão Comprido –DF 435 (Cód. 60435300)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1980	0.42	0.91	0.49	0.51	0.45	0.34	0.29	0.14	0.13	<b>0.16</b>	0.21	0.38	0.37
1981	0.36	0.29	0.39	0.51	0.32	0.24	0.22	0.20	0.15	0.34	0.52	0.50	0.34
1982	0.49	0.41	0.44	0.40	0.32	0.26	0.21	0.25	0.18	0.23	0.15	0.22	0.30
1983	0.53	0.80	0.51	0.43	0.30	0.28	0.27	0.23	0.22	0.26	0.37	0.52	0.39
1984	0.46	0.37	0.33	0.42	0.31	0.27	0.17	0.07	0.19	0.18	0.16	0.21	0.26
1985	0.40	0.39	0.36	0.45	0.29	0.22	0.22	0.18	0.14	0.20	0.17	0.22	0.27
1986	0.36	0.29	0.24	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.19	0.20
1987	0.33	0.30	0.56	0.49	0.33	0.26	0.19	0.15	0.14	0.15	0.28	0.41	0.30
1988	0.33	0.33	0.52	0.44	0.35	0.29	0.24	0.22	0.19	0.29	0.35	0.44	0.33
1989	0.62	0.44	0.60	0.42	0.29	0.25	0.27	0.23	0.16	0.22	0.33	0.90	0.39
1990	0.82	0.52	0.47	0.42	0.34	0.25	0.23	0.16	0.09	0.11	0.29	0.28	0.33
1991	0.43	0.54	0.72	0.71	0.49	0.30	0.25	0.20	0.17	0.17	0.20	0.32	0.37
1992	0.42	0.79	0.53	0.62	0.46	0.38	0.22	0.20	0.20	0.25	0.52	1.03	0.47

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Média</b>
1993	0.52	0.42	0.51	0.35	0.29	0.24	0.18	0.13	0.12	0.12	0.13	0.23	0.27
1994	0.43	0.53	0.85	0.51	0.36	0.24	0.15	0.20	0.17	0.16	0.35	0.60	0.38
1995	0.62	0.75	0.63	0.53	0.46	0.28	0.28	0.24	0.20	0.23	0.27	0.36	0.40
1996	0.34	0.27	0.54	0.39	0.26	0.22	0.16	0.12	0.10	0.10	0.20	0.30	0.25
1997	0.72	0.53	0.60	0.50	0.39	0.25	0.20	0.17	0.17	0.16	0.26	0.49	0.37
1998	0.37	0.39	0.41	0.33	0.24	0.20	0.18	0.17	0.10	0.12	0.51	0.55	0.30
1999	0.43	0.33	0.52	0.37	0.30	0.26	0.22	0.14	0.14	0.13	0.44	0.41	0.31
2000	0.46	0.59	0.39	0.33	0.26	0.24	0.22	0.16	0.16	0.22	0.49	0.47	0.33
2001	0.49	0.21	0.38	0.25	0.24	0.20	0.19	0.18	0.14	0.14	0.37	0.51	0.27
2002	0.69	0.67	0.39	0.33	0.25	0.21	0.18	0.14	0.11	0.12	0.23	0.22	0.29
2003	0.44	0.32	0.47	0.42	0.18	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.21
2004	0.21	0.56	0.55	0.72	0.41	0.29	0.16	0.12	0.11	0.13	0.36	0.32	0.33
2005	0.52	0.62	0.71	0.45	0.31	0.33	0.22	0.14	0.08	0.04	0.05	0.13	0.30
2006	<b>0.48</b>	0.23	0.30	0.47	0.32	0.16	0.14	0.12	0.10	0.23	0.29	0.32	0.26
2007	0.96	0.75	0.44	0.31	0.27	0.20	0.22	0.14	0.10	0.09	1.10	1.09	0.47
2008	0.45	0.74	0.76	0.50	0.35	0.28	0.25	0.19	0.18	0.14	0.23	0.29	0.36
2009	0.46	0.49	0.53	0.54	0.35	0.25	0.21	0.19	0.17	0.17	0.24	0.35	0.33
2010	0.31	0.24	0.33	0.36	0.21	0.18	0.11	0.10	0.11	0.32	0.20	0.78	0.27
2011	0.60	0.48	0.42	0.34	0.20	0.16	0.14	0.14	0.12	0.10	0.26	0.71	0.30
2012	1.16	0.62	0.45	0.37	0.27	0.18	0.16	0.12	0.11	0.11	0.20	0.23	0.33
2013	0.38	0.48	0.32	0.36	0.21	0.17	0.12	0.09	0.08	0.11	0.12	0.37	0.23
2014	0.18	0.28	0.37	0.36	0.24	0.18	0.15	0.11	0.08	0.07	0.12	0.62	0.23
2015	0.26	0.28	0.69	0.52	0.36	0.25	0.15	0.13	0.11	0.08	0.10	0.13	0.25
2016	0.20	0.23	0.24	0.19	0.17	0.12	0.08	0.07	0.04	0.08	0.13	0.16	0.14
<b>Média</b>	<b>0.48</b>	<b>0.47</b>	<b>0.49</b>	<b>0.43</b>	<b>0.31</b>	<b>0.24</b>	<b>0.19</b>	<b>0.16</b>	<b>0.14</b>	<b>0.16</b>	<b>0.28</b>	<b>0.41</b>	<b>0.31</b>
<b>Máximas</b>	<b>0.18</b>	<b>0.21</b>	<b>0.24</b>	<b>0.18</b>	<b>0.17</b>	<b>0.12</b>	<b>0.08</b>	<b>0.07</b>	<b>0.04</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>	<b>0.12</b>
<b>Mínimas</b>	<b>1.16</b>	<b>0.91</b>	<b>0.85</b>	<b>0.72</b>	<b>0.49</b>	<b>0.38</b>	<b>0.29</b>	<b>0.25</b>	<b>0.22</b>	<b>0.34</b>	<b>1.10</b>	<b>1.09</b>	<b>0.65</b>

Tabela 31 -Vazões médias mensais – Estação Capão Comprido –DF 435 (Cód. 60435300)

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Média</b>
<b>1978</b>						0.25	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.21	
<b>1979</b>	0.64	0.72	0.59	0.51	0.52	0.44	0.29	0.24	0.27	0.26	0.27	0.19	0.41
<b>1980</b>	0.42	0.91	0.49	0.51	0.45	0.34	0.29	0.14	0.13		0.21	0.38	

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1981	0.36	0.29	0.39	0.51	0.32	0.24	0.22	0.20	0.15	0.34	0.52	0.50	0.34
1982	0.49	0.41	0.44	0.40	0.32	0.26	0.21	0.25	0.18	0.23	0.15	0.22	0.30
1983	0.53	0.80	0.51	0.43	0.30	0.28	0.27	0.23	0.22	0.26	0.37	0.52	0.39
1984	0.46	0.37	0.33	0.42	0.31	0.27	0.17	0.07	0.19	0.18	0.16	0.21	0.26
1985	0.40	0.39	0.36	0.45	0.29	0.22	0.22	0.18	0.14	0.20	0.17	0.22	0.27
1986	0.36	0.29	0.24	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.19	0.20
1987	0.33	0.30	0.56	0.49	0.33	0.26	0.19	0.15	0.14	0.15	0.28	0.41	0.30
1988	0.33	0.33	0.52	0.44	0.35	0.29	0.24	0.22	0.19	0.29	0.35	0.44	0.33
1989	0.62	0.44	0.60	0.42	0.29	0.25	0.27	0.23	0.16	0.22	0.33	0.90	0.39
1990	0.82	0.52	0.47	0.42	0.34	0.25	0.23	0.16	0.09	0.11	0.29	0.28	0.33
1991	0.43	0.54	0.72	0.71	0.49	0.30	0.25	0.20	0.17	0.17	0.20	0.32	0.38
1992	0.42	0.79	0.53	0.62	0.46	0.38	0.22	0.20	0.20	0.25	0.52	1.03	0.47
1993	0.52	0.42	0.51	0.35	0.29	0.24	0.18	0.13	0.12	0.12	0.13	0.23	0.27
1994	0.43	0.53	0.85	0.51	0.36	0.24	0.15	0.20	0.17	0.16	0.35	0.60	0.38
1995	0.62	0.75	0.63	0.53	0.46	0.28	0.28	0.24	0.20	0.23	0.27	0.36	0.40
1996	0.34	0.27	0.54	0.39	0.26	0.22	0.16	0.12	0.10	0.10	0.20	0.30	0.25
1997	0.72	0.53	0.60	0.50	0.39	0.25	0.20	0.17	0.17	0.16	0.26	0.49	0.37
1998	0.37	0.39	0.41	0.33	0.24	0.20	0.18	0.17	0.10	0.12	0.51	0.55	0.30
1999	0.43	0.33	0.52	0.37	0.30	0.26	0.22	0.14	0.14	0.13	0.44	0.41	0.31
2000	0.46	0.59	0.39	0.33	0.26	0.24	0.22	0.16	0.16	0.22	0.49	0.47	0.33
2001	0.49	0.21	0.38	0.25	0.24	0.20	0.19	0.18	0.14	0.14	0.37	0.51	0.27
2002	0.69	0.67	0.39	0.33	0.25	0.21	0.18	0.14	0.11	0.12	0.23	0.22	0.29
2003	0.44	0.32	0.47	0.42	0.18	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22
2004	0.21	0.56	0.55	0.72	0.41	0.29	0.16	0.12	0.11	0.13	0.36	0.32	0.33
2005	0.52	0.62	0.71	0.45	0.31	0.33	0.22	0.14	0.08	0.04	0.05	0.13	0.30
2006		0.23	0.30	0.47	0.32	0.16	0.14	0.12	0.10	0.23	0.29	0.32	
2007	0.96	0.75	0.44	0.31	0.27	0.20	0.22	0.14	0.10	0.09	1.10	1.09	0.47
2008	0.45	0.74	0.76	0.50	0.35	0.28	0.25	0.19	0.18	0.14	0.23	0.29	0.36
2009	0.46	0.49	0.53	0.54	0.35	0.25	0.21	0.19	0.17	0.17	0.24	0.35	0.33
2010	0.31	0.24	0.33	0.36	0.21	0.18	0.11	0.10	0.11	0.32	0.20	0.78	0.27
2011	0.60	0.48	0.42	0.34	0.20	0.16	0.14	0.14	0.12	0.10	0.26	0.71	0.31
2012	1.16	0.62	0.45	0.37	0.27	0.18	0.16	0.12	0.11	0.11	0.20	0.23	0.33
2013	0.38	0.48	0.32	0.36	0.21	0.17	0.12	0.09	0.08	0.11	0.12	0.37	0.23
2014	0.18	0.28	0.37	0.36	0.24	0.18	0.15	0.11	0.08	0.07	0.12	0.62	0.23
2015	0.26	0.28	0.69	0.52	0.36	0.25	0.15	0.13	0.11	0.08	0.10	0.13	0.26
2016	0.20	0.23	0.24	0.19	0.17	0.12	0.08	0.07	0.04	0.08	0.13	0.16	0.14

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
<b>2017</b>	0.20	0.41	0.31	0.30	0.18	0.14	0.09	0.03					
<b>Média</b>	0.47	0.47	0.48	0.43	0.31	0.24	0.19	0.16	0.14	0.16	0.28	0.40	0.31

Tabela 32 -Vazões médias máximas mensais – Estação Capão Comprido –DF 435 (Cód. 60435300)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
1978						0.27	0.23	0.21	0.16	0.14	0.14	1.41	
1979	2.25	3.32	2.54	2.45	0.55	0.55	0.38	0.27	1.22	0.87	0.34	1.59	3.32
1980	1.05	7.12	0.68	1.05	0.57	0.42	0.35	0.28	0.16	0.14	0.84	1.10	7.12
1981	0.93	0.84	1.41	0.95	0.44	0.32	0.24	0.22	0.22	0.68	1.93	0.76	1.93
1982	2.21	0.68	1.11	0.56	1.06	0.39	0.24	0.27	0.54	1.35	0.24	0.54	2.21
1983	3.88	3.93	0.82	0.72	0.37	0.34	0.35	0.24	0.35	1.67	0.92	1.33	3.93
1984	0.61	0.60	2.60	1.08	0.51	0.29	0.27	0.06	0.22	0.45	0.21	0.57	2.60
1985	0.95	0.93	0.59	3.52	0.52	0.23	0.22	0.20	0.11	0.85	0.51	0.30	3.52
1986	2.02	0.45	0.47	0.21	0.27	0.18	0.18	0.26	0.18	0.17	0.17	0.69	2.02
1987	3.13	2.05	1.42	3.26	0.50	0.29	0.21	0.18	0.15	0.20	1.47	0.70	3.26
1988	0.49	0.66	1.17	0.97	0.42	0.35	0.28	0.26	0.21	3.02	1.29	1.01	3.02
1989	6.61	0.64	3.75	0.47	0.39	0.34	0.29	0.29	0.26	1.66	0.81	3.43	6.61
1990	3.99	1.37	1.22	1.66	0.43	0.29	0.43	0.22	0.10	0.22	1.31	0.62	3.99
1991	0.62	3.74	3.26	1.36	0.56	0.41	0.28	0.24	0.18	0.33	0.34	0.58	3.74
1992	1.21	1.65	0.99	2.28	0.93	0.93	0.30	0.29	0.22	0.99	2.79	5.66	5.66
1993	0.86	1.57	1.44	0.48	0.33	0.26	0.23	0.16	0.13	0.16	0.21	1.10	1.57
1994	2.06	3.74	3.84	0.76	0.52	0.35	0.18	0.27	0.20	1.18	1.20	2.58	3.84
1995	5.46	3.72	2.68	0.95	0.58	0.35	0.29	0.29	0.23	1.78	2.14	1.24	5.46
1996	0.51	0.47	3.72	1.37	0.51	0.23	0.20	0.15	0.20	0.41	0.57	0.54	3.72
1997	2.78	1.58	1.45	0.83	2.78	0.28	0.24	0.19	0.22	0.19	1.19	3.72	3.72
1998	0.85	0.50	1.09	0.46	0.29	0.22	0.20	0.17	0.16	1.09	1.28	4.64	4.64
1999	1.43	2.85	5.90	0.44	0.30	0.29	0.25	0.15	1.01	1.86	3.07	1.01	5.90
2000	1.01	3.07	0.90	0.50	0.30	0.24	0.24	0.18	0.18	3.07	1.01	1.08	3.07
2001	1.01	0.41	1.17	0.34	0.28	0.20	0.22	0.26	0.17	0.20	1.16	1.12	1.17
2002	2.02	1.27	0.54	0.36	0.30	0.22	0.20	0.15	0.13	0.76	1.01	1.08	2.02
2003	1.69	0.59	1.39	0.59	0.21	0.20	0.15	0.13	0.10	0.10	0.07	0.09	1.69
2004	2.79	3.28	4.48	1.13	0.52	0.41	0.17	0.16	0.11	0.23	0.67	2.66	4.48
2005	3.17	3.24	3.17	0.63	0.47	0.37	0.34	0.16	0.14	0.14	0.19	0.58	3.24
2006		0.14	0.50	1.73	0.46	0.19	0.21	0.14	0.13	0.54	0.42	1.73	
2007	4.36	0.93	0.54	0.37	0.31	0.26	0.29	0.17	0.11	0.10	1.37	1.27	4.36
2008	0.74	11.70	8.05	2.12	0.42	0.30	0.28	0.21	0.30	0.19	1.70	0.77	11.70
2009	1.87	0.88	0.90	1.85	0.43	0.29	0.22	0.21	0.18	0.20	0.32	0.45	1.87
2010	0.49	0.76	3.20	1.49	0.21	0.22	0.14	0.12	0.11	9.69	1.11	9.69	9.69
2011	4.36	0.67	0.67	0.45	0.23	0.18	0.15	0.15	0.13	0.14	2.72	1.86	4.36
2012	5.71	1.27	3.26	0.75	0.30	0.22	0.17	0.14	0.12	0.15	0.36	0.39	5.71
2013	0.84	6.19	0.59	1.86	0.23	0.21	0.14	0.11	0.08	0.38	0.33	6.80	6.80

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máxima
2014	0.20	0.96	0.43	0.39	0.30	0.21	0.18	0.13	0.12	0.08	0.26	8.78	8.78
2015	0.33	0.45	16.20	0.68	0.42	0.31	0.19	0.15	0.13	0.10	0.12	0.16	16.20
2016	0.29	0.78	0.45	0.22	0.19	0.16	0.09	0.07	0.05	0.34	0.35	0.23	0.78
2017	2.12	4.18	1.02	0.41	0.23	0.17	0.10	0.07					
Média	2.02	2.13	2.30	1.07	0.48	0.30	0.23	0.19	0.22	0.92	0.93	1.89	4.53

Tabela 33 -Vazões médias mínimas mensais – Estação Capão Comprido –DF 435 (Cód. 60435300)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mínima
1978						0.23	0.20	0.14	0.14	0.07	0.07	0.09	
1979	0.28	0.43	0.43	0.33	0.46	0.35	0.23	0.20	0.25	0.19	0.15	0.00	0.00
1980	0.17	0.30	0.37	0.42	0.40	0.30	0.25	0.09	0.09	0.00	0.01	0.28	0.00
1981	0.30	0.20	0.19	0.39	0.25	0.22	0.20	0.19	0.10	0.14	0.35	0.21	0.10
1982	0.27	0.31	0.34	0.32	0.24	0.21	0.17	0.15	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12
1983	0.31	0.52	0.31	0.34	0.27	0.26	0.24	0.20	0.20	0.19	0.24	0.44	0.19
1984	0.40	0.21	0.19	0.23	0.27	0.19	0.06	0.03	0.17	0.15	0.14	0.17	0.03
1985	0.25	0.30	0.30	0.32	0.23	0.20	0.20	0.10	0.03	0.15	0.12	0.12	0.03
1986	0.24	0.18	0.19	0.15	0.15	0.15	0.12	0.17	0.14	0.14	0.11	0.12	0.11
1987	0.17	0.12	0.24	0.32	0.28	0.20	0.15	0.12	0.12	0.12	0.22	0.33	0.12
1988	0.27	0.27	0.30	0.39	0.24	0.24	0.21	0.18	0.18	0.16	0.26	0.32	0.16
1989	0.38	0.35	0.44	0.41	0.22	0.22	0.22	0.16	0.12	0.13	0.18	0.27	0.12
1990	0.52	0.45	0.41	0.32	0.27	0.22	0.21	0.10	0.07	0.05	0.10	0.24	0.05
1991	0.29	0.32	0.43	0.56	0.41	0.26	0.23	0.18	0.15	0.15	0.15	0.12	0.12
1992	0.29	0.55	0.47	0.36	0.36	0.30	0.09	0.17	0.18	0.22	0.33	0.61	0.09
1993	0.34	0.33	0.41	0.31	0.24	0.21	0.13	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11
1994	0.16	0.38	0.41	0.41	0.30	0.17	0.09	0.19	0.15	0.10	0.10	0.41	0.09
1995	0.38	0.20	0.38	0.44	0.36	0.23	0.27	0.21	0.17	0.17	0.20	0.27	0.17
1996	0.23	0.23	0.29	0.30	0.20	0.20	0.13	0.10	0.08	0.08	0.08	0.25	0.08
1997	0.40	0.40	0.40	0.40	0.28	0.22	0.19	0.14	0.17	0.15	0.14	0.34	0.14
1998	0.29	0.36	0.31	0.29	0.22	0.20	0.17	0.17	0.08	0.08	0.11	0.28	0.08
1999	0.20	0.25	0.30	0.30	0.29	0.11	0.15	0.13	0.10	0.08	0.10	0.34	0.08
2000	0.39	0.42	0.33	0.13	0.24	0.24	0.17	0.15	0.15	0.15	0.41	0.39	0.13
2001	0.42	0.03	0.03	0.15	0.20	0.20	0.17	0.17	0.12	0.12	0.13	0.33	0.03
2002	0.59	0.52	0.20	0.28	0.22	0.20	0.14	0.13	0.10	0.08	0.15	0.14	0.08
2003	0.28	0.26	0.26	0.39	0.18	0.06	0.13	0.10	0.05	0.07	0.07	0.07	0.05
2004	0.08	0.41	0.38	0.57	0.41	0.17	0.16	0.11	0.11	0.11	0.17	0.20	0.08
2005	0.23	0.27	0.35	0.33	0.30	0.30	0.14	0.13	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mínima
2006		0.25	0.25	0.37	0.19	0.13	0.11	0.11	0.09	0.11	0.25	0.24	
2007	0.46	0.56	0.34	0.25	0.24	0.16	0.16	0.11	0.09	0.06	0.95	0.77	0.06
2008	0.29	0.37	0.47	0.43	0.29	0.25	0.21	0.17	0.17	0.12	0.13	0.24	0.12
2009	0.25	0.42	0.42	0.42	0.29	0.22	0.19	0.17	0.16	0.16	0.17	0.29	0.16
2010	0.21	0.12	0.19	0.26	0.20	0.14	0.08	0.08	0.10	0.09	0.14	0.20	0.08
2011	0.40	0.37	0.31	0.20	0.14	0.14	0.14	0.13	0.11	0.06	0.07	0.46	0.06
2012	0.78	0.43	0.36	0.27	0.22	0.15	0.15	0.11	0.10	0.10	0.12	0.17	0.10
2013	0.21	0.29	0.25	0.26	0.21	0.14	0.11	0.08	0.07	0.07	0.08	0.15	0.07
2014	0.17	0.17	0.32	0.30	0.20	0.17	0.13	0.10	0.06	0.05	0.08	0.18	0.05
2015	0.22	0.20	0.29	0.40	0.30	0.19	0.13	0.12	0.08	0.08	0.09	0.12	0.08
2016	0.09	0.16	0.18	0.16	0.15	0.09	0.07	0.05	0.02	0.06	0.08	0.12	0.02
2017	0.09	0.24	0.23	0.27	0.16	0.11	0.07	0.00					
Média	0.30	0.31	0.31	0.33	0.26	0.20	0.16	0.13	0.12	0.11	0.17	0.25	0.09

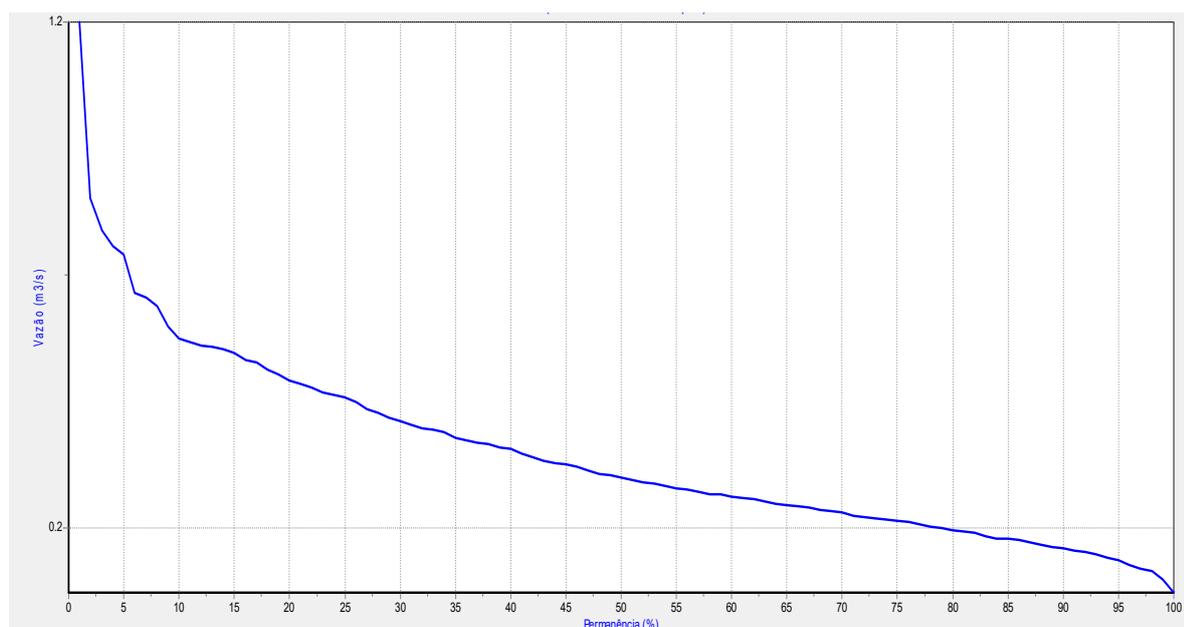


Figura 42 – Curva de permanência das vazões médias- Estação Capão Comprido –DF 435 (Cód. 60435300)

A vazão Q95 da bacia do Córrego Capão Comprido é de 0,18 m<sup>3</sup>/s e a vazão Q7,10 é de 0,042m<sup>3</sup>/s.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**10.2.6 - SUB BACIA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS**

A sub-bacia do ribeirão das Pedras apresenta uma área de drenagem de 80,85 km<sup>2</sup> e nela estão localizadas as áreas mais urbanizadas da bacia do Lago Descoberto, as regiões de Taguatinga e Ceilândia. A rede hidrográfica é composta pelos córregos Currais e Veredinha que deságuam no Ribeirão das Pedras, cuja a vazão média mensal histórica é de 1,59 m<sup>3</sup>/s). O hidrograma das vazões médias disponíveis é apresentado na Figura 43. O volume total médio determinado é de 6,37 hm<sup>3</sup>.

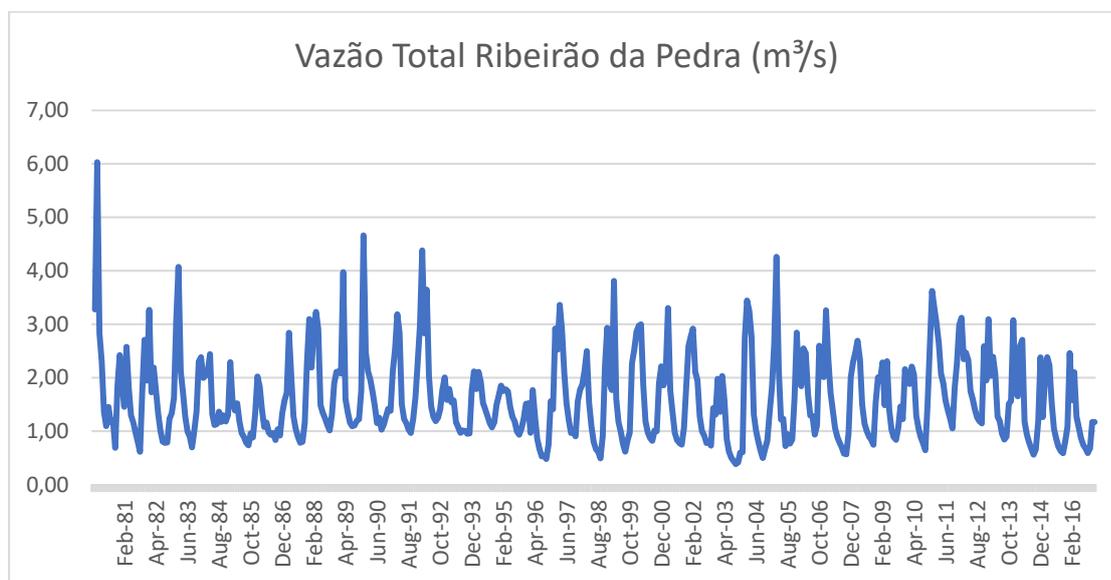


Figura 43 – Vazões médias mensais na sub-bacia no ribeirão das Pedras

O volume total médio determinado é de 6,37 hm<sup>3</sup>/ano.

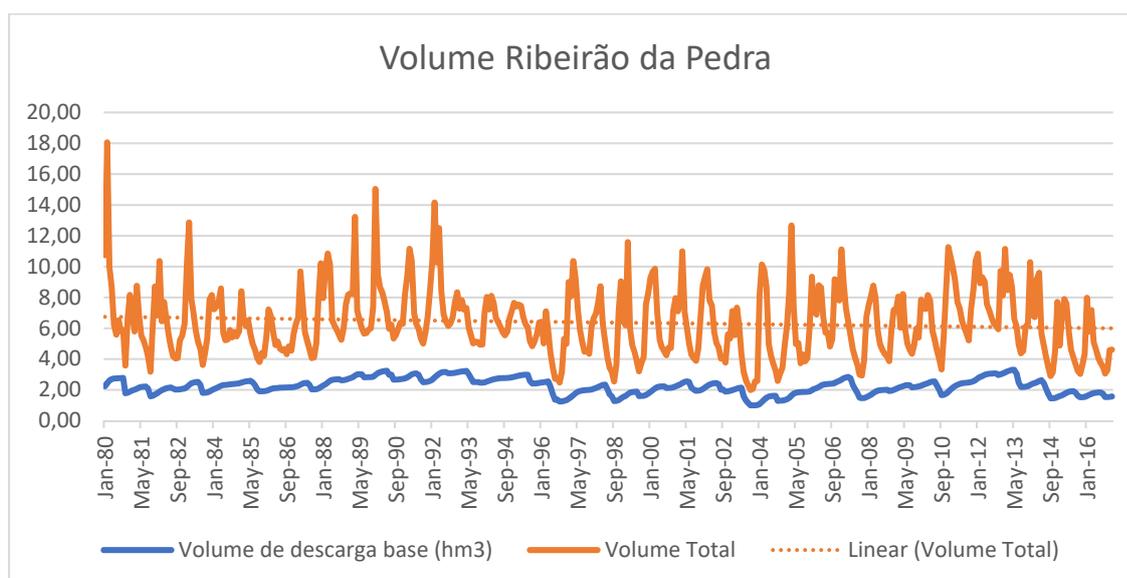


Figura 44 – Volume médio mensal na sub-bacia no ribeirão das Pedras

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

O volume médio da bacia do ribeirão das Pedras apresentou pouca variação durante os períodos de observação, este deve-se ao fato da preservação da área da bacia, o que permite uma melhor recarga do aquífero, e, portanto, manutenção do manancial.

Tabela 34 - Vazões médias mensais estabelecidas para Jan/1980 a Dez/2016 – Estação Ribeirão das Pedras –DF 435

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Média</b>
1980	2.20	3.27	1.98	1.73	1.16	0.98	1.23	1.04	1.05	0.67	1.41	1.74	1.54
1981	1.47	1.21	1.74	1.44	1.12	1.03	0.90	0.77	0.61	1.39	1.94	1.52	1.26
1982	2.20	1.39	1.64	1.41	1.14	0.92	0.78	0.75	0.74	1.02	1.11	1.30	1.20
1983	2.14	2.46	1.61	1.39	1.11	0.91	0.84	0.68	1.01	1.31	2.01	2.07	1.46
1984	1.79	1.82	1.86	2.04	1.29	1.12	1.14	1.31	1.17	1.25	1.16	1.27	1.44
1985	1.98	1.48	1.34	1.43	1.18	0.99	0.92	0.83	0.78	0.97	0.91	1.27	1.17
1986	1.72	1.66	1.35	1.09	1.16	1.00	0.97	0.99	0.87	1.05	0.95	1.27	1.17
1987	1.48	1.57	2.32	1.79	1.25	1.05	0.93	0.83	0.84	1.12	1.91	2.53	1.47
1988	1.93	2.36	2.54	2.33	1.44	1.31	1.22	1.12	1.03	1.26	1.70	1.85	1.67
1989	1.86	1.86	2.70	1.51	1.32	1.16	1.10	1.11	1.18	1.20	1.58	3.33	1.66
1990	2.08	1.86	1.78	1.61	1.41	1.15	1.22	1.04	1.12	1.22	1.33	1.32	1.43
1991	1.87	2.11	2.49	2.34	1.44	1.23	1.15	1.05	1.00	1.21	1.51	2.00	1.62
1992	2.44	3.23	2.33	2.76	1.83	1.40	1.25	1.18	1.23	1.98	3.01	3.41	2.17
1993	2.67	3.03	2.60	2.65	1.93	1.76	1.56	1.64	1.62	1.53	1.54	2.98	2.13
1994	3.61	3.04	3.61	3.28	2.57	2.36	2.12	1.88	1.75	1.90	2.51	2.81	2.62
1995	3.15	2.97	3.03	2.97	2.44	2.10	1.95	1.60	1.49	1.70	2.04	2.54	2.33
1996	1.24	0.86	1.42	1.07	0.76	0.60	0.49	0.51	0.45	0.66	1.25	1.18	0.87
1997	2.08	1.83	2.31	2.05	1.55	1.19	0.98	0.83	0.83	0.76	1.21	1.35	1.41
1998	1.40	1.57	1.78	1.20	0.89	0.69	0.58	0.54	0.45	0.74	1.62	2.05	1.13
1999	1.43	1.34	2.44	1.20	0.92	0.79	0.64	0.53	0.66	0.76	1.56	1.74	1.17
2000	1.92	2.00	2.05	1.41	0.96	0.82	0.74	0.71	0.83	0.81	1.43	1.63	1.28
2001	1.38	2.16	3.23	1.83	1.42	1.03	0.89	0.83	0.80	1.11	1.93	2.62	1.60
2002	2.79	2.95	2.23	2.02	1.35	1.10	0.98	0.83	0.83	0.78	1.49	1.41	1.56
2003	1.18	0.88	1.20	0.97	0.60	0.46	0.39	0.35	0.31	0.33	0.45	0.44	0.63
2004	1.48	1.83	1.74	1.54	0.86	0.69	0.58	0.47	0.39	0.48	0.58	0.87	0.96
2005	0.81	1.09	1.54	0.86	0.59	0.49	0.39	0.38	0.31	0.36	0.70	1.89	0.78
2006	1.71	1.63	2.18	2.12	1.51	1.19	1.18	0.89	1.04	2.22	1.90	1.76	1.61
2007	2.75	2.02	1.56	1.29	1.00	0.84	0.74	0.65	0.53	0.51	0.86	1.68	1.20

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Média</b>
2008	2.19	2.12	2.31	2.11	1.24	0.95	0.82	0.72	0.84	0.74	1.64	1.82	1.46
2009	1.78	2.04	1.42	2.14	1.34	1.03	0.89	0.84	1.11	1.37	1.20	1.92	1.42
2010	1.51	1.48	1.73	1.61	1.02	0.84	0.71	0.61	0.51	1.17	1.99	2.33	1.29
2011	2.12	1.91	1.67	1.27	1.15	0.93	0.80	0.70	0.57	1.43	1.77	2.26	1.38
2012	2.42	1.42	1.54	1.45	1.06	0.95	0.81	0.68	0.76	0.73	1.61	1.84	1.27
2013	2.54	1.78	2.22	1.79	1.26	1.15	0.96	0.86	0.91	1.46	1.51	2.45	1.57
2014	1.65	1.59	2.38	2.48	1.17	0.95	0.81	0.69	0.58	0.67	1.16	2.19	1.36
2015	1.26	1.96	2.38	2.22	1.52	1.04	0.86	0.71	0.62	0.59	0.81	1.08	1.25
2016	2.46	1.58	2.10	1.27	1.07	0.87	0.74	0.68	0.59	0.68	1.17	1.17	1.20
<b>Média</b>	<b>1.96</b>	<b>1.93</b>	<b>2.06</b>	<b>1.77</b>	<b>1.27</b>	<b>1.06</b>	<b>0.95</b>	<b>0.86</b>	<b>0.85</b>	<b>1.06</b>	<b>1.47</b>	<b>1.86</b>	<b>1.43</b>
<b>Máximas</b>	<b>0.81</b>	<b>0.86</b>	<b>1.20</b>	<b>0.86</b>	<b>0.59</b>	<b>0.46</b>	<b>0.39</b>	<b>0.35</b>	<b>0.31</b>	<b>0.33</b>	<b>0.45</b>	<b>0.44</b>	<b>0.59</b>
<b>Mínimas</b>	<b>3.61</b>	<b>3.27</b>	<b>3.61</b>	<b>3.28</b>	<b>2.57</b>	<b>2.36</b>	<b>2.12</b>	<b>1.88</b>	<b>1.75</b>	<b>2.22</b>	<b>3.01</b>	<b>3.41</b>	<b>2.76</b>

Tabela 35 -Vazões médias mensais – Estação Ribeirão das Pedras –DF 435 (Cód. 60435405)

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Media</b>
<b>1978</b>						0.90	0.76	0.65	0.51	0.61	0.99	1.46	
<b>1979</b>	3.28	2.59	1.57	1.50	0.96	0.91	0.80	1.13	1.18	0.97	1.29	1.57	1.48
<b>1980</b>	2.20	3.27	1.98	1.73	1.16	0.98	1.23	1.04	1.05	0.67	1.41	1.74	1.54
<b>1981</b>	1.47	1.21	1.74	1.44	1.12	1.03	0.90	0.77	0.61	1.39	1.94	1.52	1.26
<b>1982</b>	2.20	1.39	1.64	1.41	1.14	0.92	0.78	0.75	0.74	1.02	1.11	1.30	1.20
<b>1983</b>	2.14	2.46	1.61	1.39	1.11	0.91	0.84	0.68	1.01	1.31	2.01	2.07	1.46
<b>1984</b>	1.79	1.82	1.86	2.04	1.29	1.12	1.14	1.31	1.17	1.25	1.16	1.27	1.43
<b>1985</b>	1.98	1.48	1.34	1.43	1.18	0.99	0.92	0.83	0.78	0.97	0.91	1.27	1.17
<b>1986</b>	1.72	1.66	1.35	1.09	1.16	1.00	0.97	0.99	0.87	1.05	0.95	1.27	1.17
<b>1987</b>	1.48	1.57	2.32	1.79	1.25	1.05	0.93	0.83	0.84	1.12	1.91	2.53	1.47
<b>1988</b>	1.93	2.36	2.54	2.33	1.44	1.31	1.22	1.12	1.03	1.26	1.70	1.85	1.68
<b>1989</b>	1.86	1.86	2.70	1.51	1.32	1.16	1.10	1.11	1.18	1.20	1.58	3.33	1.66
<b>1990</b>	2.08	1.86	1.78	1.61	1.41	1.15	1.22	1.04	1.12	1.22	1.33	1.32	1.43
<b>1991</b>	1.87	2.11	2.49	2.34	1.44	1.23	1.15	1.05	1.00	1.21	1.51	2.00	1.61
<b>1992</b>	2.44	3.23	2.33	2.76	1.83	1.40	1.25	1.18	1.23	1.98	3.01	3.41	2.17
<b>1993</b>	2.67	3.03	2.60	2.65	1.93	1.76	1.56	1.64	1.62	1.53	1.54	2.98	2.13
<b>1994</b>	3.61	3.04	3.61	3.28	2.57	2.36	2.12	1.88	1.75	1.90	2.51	2.81	2.62
<b>1995</b>	3.15	2.97	3.03	2.97	2.44	2.10	1.95	1.60	1.49	1.70	2.04	2.54	2.33
<b>1996</b>	1.24	0.86	1.42	1.07	0.76	0.60	0.49	0.51	0.45	0.66	1.25	1.18	0.88
<b>1997</b>	2.08	1.83	2.31	2.05	1.55	1.19	0.98	0.83	0.83	0.76	1.21	1.35	1.41

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Media
1998	1.40	1.57	1.78	1.20	0.89	0.69	0.58	0.54	0.45	0.74	1.62	2.05	1.13
1999	1.43	1.34	2.44	1.20	0.92	0.79	0.64	0.53	0.66	0.76	1.56	1.74	1.17
2000	1.92	2.00	2.05	1.41	0.96	0.82	0.74	0.71	0.83	0.81	1.43	1.63	1.28
2001	1.38	2.16	3.23	1.83	1.42	1.03	0.89	0.83	0.80	1.11	1.93	2.62	1.60
2002	2.79	2.95	2.23	2.02	1.35	1.10	0.98	0.83	0.83	0.78	1.49	1.41	1.56
2003	1.18	0.88	1.20	0.97	0.60	0.46	0.39	0.35	0.31	0.33	0.45	0.44	0.63
2004	1.48	1.83	1.74	1.54	0.86	0.69	0.58	0.47	0.39	0.48	0.58	0.87	0.96
2005	0.81	1.09	1.54	0.86	0.59	0.49	0.39	0.38	0.31	0.36	0.70	1.89	0.78
2006	1.71	1.63	2.18	2.12	1.51	1.19	1.18	0.89	1.04	2.22	1.90	1.76	1.61
2007	2.75	2.02	1.56	1.29	1.00	0.84	0.74	0.65	0.53	0.51	0.86	1.68	1.20
2008	2.19	2.12	2.31	2.11	1.24	0.95	0.82	0.72	0.84	0.74	1.64	1.82	1.46
2009	1.78	2.04	1.42	2.14	1.34	1.03	0.89	0.84	1.11	1.37	1.20	1.92	1.42
2010	1.51	1.48	1.73	1.61	1.02	0.84	0.71	0.61	0.51	1.17	1.99	2.33	1.29
2011	2.12	1.91	1.67	1.27	1.15	0.93	0.80	0.70	0.57	1.43	1.77	2.26	1.38
2012	2.42	1.42	1.54	1.45	1.06	0.95	0.81	0.68	0.76	0.73	1.61	1.84	1.27
2013	2.54	1.78	2.22	1.79	1.26	1.15	0.96	0.86	0.91	1.46	1.51	2.45	1.57
2014	1.65	1.59	2.38	2.48	1.17	0.95	0.81	0.69	0.58	0.67	1.16	2.19	1.36
2015	1.26	1.96	2.38	2.22	1.52	1.04	0.86	0.71	0.62	0.59	0.81	1.08	1.25
2016	2.46	1.58	2.10	1.27	1.07	0.87	0.74	0.68	0.59	0.68	1.17	1.17	1.20
2017	1.23	2.02	1.33	2.66	1.01	0.59	0.50	0.47					
<b>Média</b>	1.98	1.95	2.03	1.79	1.26	1.04	0.93	0.85	0.85	1.04	1.45	1.84	1.43

Tabela 36 -Vazões médias máximas mensais – Estação Ribeirão das Pedras –DF 435 (Cód. 60435405)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Maxima
1978						1.22	0.81	0.69	0.66	1.24	2.58	5.12	
1979	8.52	5.42	2.89	3.59	1.52	1.28	1.01	2.14	1.83	2.68	3.43	6.14	8.52
1980	4.01	11.20	4.73	2.55	1.79	1.86	1.44	1.31	1.88	1.15	3.01	6.44	11.20
1981	3.74	2.87	6.58	2.36	1.44	1.27	1.11	0.88	1.06	2.58	3.30	2.28	6.58
1982	4.86	2.28	4.19	2.46	1.61	1.14	0.84	1.11	1.92	3.76	2.85	2.57	4.86
1983	3.20	7.13	3.43	2.30	1.39	1.03	1.26	0.83	1.87	2.06	3.16	2.87	7.13
1984	2.89	3.41	3.76	6.67	1.57	1.21	1.22	2.73	1.70	2.47	3.06	2.06	6.67
1985	4.77	2.35	1.80	3.02	2.50	1.09	0.99	0.92	1.15	2.15	1.32	2.39	4.77
1986	7.05	4.10	2.39	1.35	1.67	1.10	1.15	1.46	1.02	1.74	1.18	2.71	7.05
1987	2.58	2.92	6.06	4.36	1.75	1.32	1.02	0.90	1.09	3.76	7.23	3.61	7.23
1988	2.81	6.47	5.30	5.25	1.67	1.60	1.39	1.16	1.10	3.37	3.80	4.04	6.47
1989	3.34	2.69	13.40	1.80	1.59	1.39	1.33	2.01	2.32	2.30	4.93	7.10	13.40

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Maxima
1990	4.95	4.36	2.71	2.43	1.86	1.32	3.24	1.46	2.10	2.89	3.99	2.96	4.95
1991	3.49	5.86	7.44	4.95	1.69	1.35	1.25	1.22	1.25	1.98	2.83	3.37	7.44
1992	4.90	7.49	6.25	7.69	2.28	1.59	1.64	1.44	1.55	3.22	11.40	8.40	11.40
1993	3.12	7.93	3.39	4.98	2.32	2.63	1.69	2.01	3.18	2.11	2.15	6.81	7.93
1994	11.80	5.03	5.21	5.05	3.35	2.75	2.32	2.07	1.90	3.82	4.54	4.70	11.80
1995	7.19	4.79	4.70	5.21	2.71	2.24	2.03	1.94	1.63	2.73	4.36	4.31	7.19
1996	2.70	1.50	3.17	2.49	0.99	1.14	0.60	1.04	0.69	1.50	2.87	2.65	3.17
1997	3.70	3.44	7.65	2.98	2.34	1.41	1.05	0.93	1.63	1.51	2.84	3.35	7.65
1998	3.14	3.74	4.82	2.38	1.13	0.82	0.62	0.84	0.58	3.32	4.37	6.47	6.47
1999	3.37	3.28	13.40	2.03	1.34	0.90	0.73	0.58	1.70	2.63	5.22	3.57	13.40
2000	6.85	5.07	5.32	3.12	1.09	0.85	0.79	1.39	2.08	2.87	2.69	3.74	6.85
2001	5.63	4.61	7.43	3.76	4.00	1.22	1.00	1.85	1.68	3.01	5.17	5.02	7.43
2002	6.93	7.02	5.46	3.01	1.74	1.20	1.37	1.00	1.97	2.08	3.79	2.86	7.02
2003	2.50	1.38	2.89	2.89	1.10	0.58	0.42	0.63	0.37	0.72	0.87	1.16	2.89
2004	5.95	4.55	5.69	3.65	1.02	0.75	0.65	0.51	0.43	0.99	1.47	1.99	5.95
2005	1.54	7.37	3.38	1.31	0.80	0.58	0.43	1.05	0.48	3.07	2.99	5.74	7.37
2006	3.42	3.82	5.18	3.79	1.87	1.29	1.29	1.15	1.63	6.97	5.66	5.44	6.97
2007	6.59	2.93	2.43	1.72	1.25	0.91	0.85	0.69	0.58	0.64	3.33	5.10	6.59
2008	6.42	8.12	5.74	10.80	1.44	1.04	0.91	0.75	1.12	1.57	7.73	3.06	10.80
2009	3.29	3.31	3.04	6.87	3.26	1.25	0.94	1.44	4.89	3.11	2.39	3.81	6.87
2010	2.21	5.84	3.02	2.97	1.36	0.90	0.74	0.66	0.54	3.81	5.41	6.62	6.62
2011	5.74	8.79	3.71	1.75	2.01	1.02	0.84	0.76	0.66	3.91	7.81	4.13	8.79
2012	4.47	1.85	6.24	2.76	1.34	1.34	0.84	0.73	1.79	1.20	3.86	3.89	6.24
2013	6.00	3.19	4.34	2.81	1.66	1.34	1.02	0.88	1.44	3.99	3.62	4.64	6.00
2014	5.05	3.97	6.57	4.59	1.35	1.02	0.88	0.79	0.83	1.56	2.84	5.73	6.57
2015	1.88	7.13	6.21	5.05	2.57	1.21	1.00	0.75	1.00	1.18	1.73	1.60	7.13
2016	13.70	5.07	5.47	1.57	1.35	0.94	0.80	0.78	0.89	1.27	2.12	2.56	13.70
2017	2.03	9.47	1.72	47.90	2.97	0.70	0.56	0.49					
Media	4.78	4.92	5.06	4.77	1.81	1.24	1.10	1.15	1.44	2.49	3.79	4.13	7.61

Tabela 37 -Vazões médias mínimas mensais – Estação Ribeirão das Pedras –DF 435 (Cód. 60435405)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mínima
1978						0.78	0.70	0.56	0.45	0.45	0.48	0.57	
1979	1.21	1.34	1.09	0.88	0.79	0.68	0.61	0.72	0.65	0.46	0.74	0.81	0.46
1980	1.19	1.30	1.21	1.24	0.89	0.80	1.01	0.85	0.75	0.45	0.62	1.18	0.45
1981	1.06	0.87	0.91	1.13	0.99	0.93	0.73	0.58	0.45	0.80	1.08	1.14	0.45
1982	1.26	1.11	1.06	1.17	0.92	0.71	0.66	0.66	0.53	0.58	0.60	0.67	0.53
1983	1.49	1.30	1.21	1.08	1.00	0.78	0.73	0.56	0.60	0.93	1.49	1.65	0.56
1984	1.43	1.39	1.39	1.44	1.13	1.02	0.95	1.04	1.02	0.95	0.93	1.02	0.93

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Mínima</b>
1985	1.10	1.16	1.15	1.16	0.99	0.90	0.85	0.73	0.68	0.73	0.60	0.71	0.60
1986	0.99	1.07	1.06	0.89	1.02	0.95	0.89	0.85	0.73	0.75	0.64	0.88	0.64
1987	1.16	1.06	1.38	1.25	1.09	0.95	0.85	0.74	0.70	0.74	0.86	1.99	0.70
1988	1.51	1.67	1.62	1.55	1.30	1.21	1.16	1.07	0.97	0.95	1.07	1.33	0.95
1989	1.30	1.27	1.55	1.35	1.21	1.12	1.03	0.97	0.99	1.00	0.88	1.79	0.88
1990	1.32	1.25	1.39	1.33	1.19	1.02	0.97	0.89	0.90	0.82	0.90	0.90	0.82
1991	1.27	1.41	1.60	1.47	1.25	1.18	1.00	0.95	0.89	0.93	0.93	1.46	0.89
1992	1.80	2.30	1.91	1.80	1.54	1.21	1.04	1.02	1.07	1.27	1.65	2.37	1.02
1993	2.34	2.26	2.24	2.13	1.71	1.58	1.41	1.48	1.33	1.33	1.36	1.28	1.28
1994	2.37	2.45	2.83	2.59	2.20	2.18	1.90	1.79	1.62	1.50	1.58	2.22	1.50
1995	2.30	2.30	2.51	2.63	2.20	1.98	1.74	1.41	1.38	1.38	1.55	2.00	1.38
1996	0.72	0.57	0.96	0.74	0.50	0.50	0.43	0.38	0.34	0.31	0.38	0.77	0.31
1997	1.45	1.35	1.43	1.39	0.96	1.03	0.93	0.75	0.70	0.62	0.62	0.96	0.62
1998	0.79	1.13	0.96	0.98	0.77	0.58	0.55	0.47	0.41	0.44	0.70	1.18	0.41
1999	0.98	0.89	1.31	0.99	0.73	0.70	0.57	0.44	0.46	0.44	0.50	1.05	0.44
2000	0.99	1.12	1.27	1.13	0.84	0.79	0.68	0.60	0.58	0.50	0.85	1.13	0.50
2001	0.91	1.51	1.91	1.45	1.17	0.91	0.80	0.66	0.63	0.72	0.88	1.37	0.63
2002	1.82	2.05	1.59	1.80	1.17	1.03	0.88	0.77	0.60	0.52	0.86	0.74	0.52
2003	0.81	0.70	0.73	0.64	0.51	0.41	0.35	0.31	0.27	0.23	0.28	0.25	0.23
2004	0.41	1.03	1.03	1.02	0.75	0.65	0.51	0.42	0.35	0.35	0.43	0.43	0.35
2005	0.51	0.57	0.90	0.69	0.50	0.43	0.37	0.30	0.27	0.19	0.30	0.80	0.19
2006	1.15	1.24	1.39	1.60	1.29	1.10	0.92	0.78	0.78	1.10	1.24	1.34	0.78
2007	1.72	1.54	1.25	1.12	0.92	0.81	0.69	0.58	0.47	0.44	0.47	0.89	0.44
2008	0.89	1.33	1.47	1.42	1.04	0.87	0.75	0.67	0.74	0.66	0.58	1.14	0.58
2009	1.19	1.44	1.19	1.19	1.10	0.94	0.86	0.78	0.70	0.70	0.94	1.27	0.70
2010	1.10	1.02	1.19	1.10	0.90	0.78	0.66	0.54	0.45	0.47	0.90	0.89	0.45
2011	1.34	1.26	1.26	1.14	1.02	0.84	0.76	0.66	0.52	0.78	0.90	1.61	0.52
2012	1.80	1.14	0.99	1.18	0.99	0.84	0.80	0.64	0.62	0.55	0.90	1.25	0.55
2013	1.39	1.36	1.49	1.35	1.16	1.03	0.88	0.83	0.70	1.06	1.02	1.25	0.70
2014	1.20	1.16	1.44	1.44	1.02	0.88	0.79	0.61	0.52	0.52	0.79	0.97	0.52
2015	0.88	0.92	1.61	1.44	1.21	1.00	0.75	0.59	0.52	0.44	0.48	0.59	0.44
2016	0.75	1.25	1.42	1.13	0.94	0.80	0.71	0.62	0.53	0.53	0.58	0.69	0.53
2017	0.74	1.00	0.98	0.87	0.67	0.56	0.49	0.42					
<b>Média</b>	1.25	1.31	1.38	1.31	1.07	0.94	0.83	0.74	0.69	0.71	0.83	1.14	0.64

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

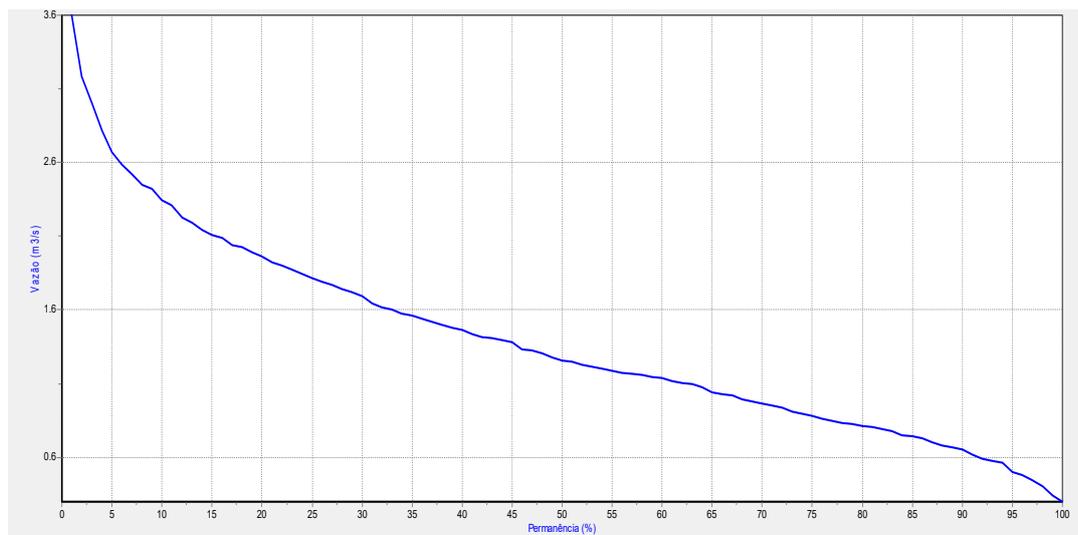


Figura 45 – Curva de permanência das vazões médias- Estação Ribeirão das Pedras –DF 435 (Cód. 60435405)

A vazão Q95 para o Ribeirão das Pedras é de 0,47 m³/s e a Q 7,10 determinadas é de 0,23 m³/s.

### 10.3 – DISPONIBILIDADE FLUVIOMÉTRICA PARA BACIAS NÃO MONITORADAS

As vazões das bacias não monitoradas foram determinadas pelo modelo hidrológico de curva x vazão, o SWAT. O volume total da bacia foi determinado a partir da vazão de base determinada.

#### 10.3.1 - SUB BACIA CORREGO BURITI CHATO

A sub bacia do Córrego Buriti Chato, deságua na represa do Rio Descoberto. Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto. Unidade Hidrográfica Alto Rio Descoberto/UH-33. Possui uma área de 5,58 hectares. A Figura 47 demonstra que não houve uma variação significativa da vazão ao longo dos anos simulados. Este apresenta padrões como maiores vazões de novembro a janeiro e menores vazões de junho a agosto.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

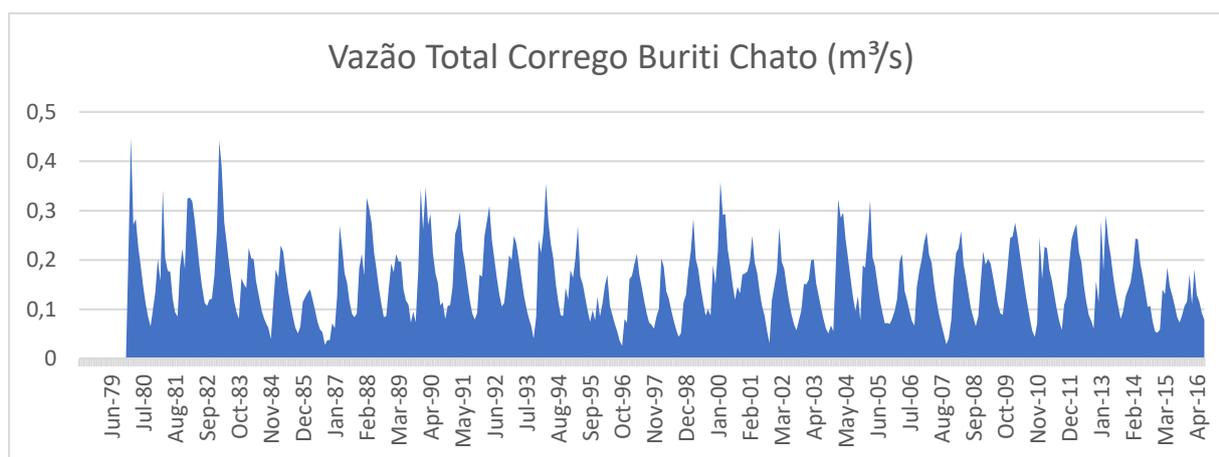


Figura 46 – Vazão média anual sintética da bacia do Córrego Buriti Chato

O volume médio anual da bacia do córrego Buriti Chato apresenta valor de 0,5 hm<sup>3</sup>/ano. Conforme figura 48, não pode ser observada uma variação significativa do volume ao longo do período de estudo. Observa-se que a vazão de base determinada apresenta valores constantes com pouca variação. Este dado indica que a sub bacia do Buriti Chato possui uma maior capacidade de recarga e indícios de preservação de sua área.

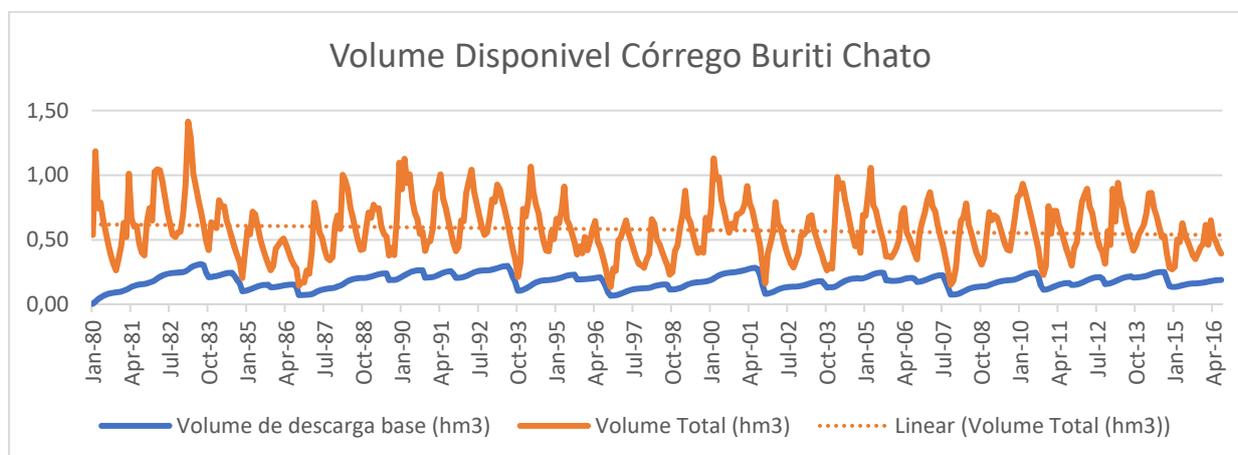


Figura 47 – Volume médio anual na bacia do Córrego Buriti Chato

Tabela 38 - Vazões médias mensais estabelecidas para Jan/1980 a Dez/2016 – Vazões sintéticas reconstruídas com SWAT

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEZ	QMEDIA
<b>1980</b>	0,21	0,45	0,27	0,28	0,23	0,19	0,15	0,11	0,09	0,07	0,10	0,14	<b>0,19</b>
<b>1981</b>	0,20	0,16	0,34	0,20	0,18	0,18	0,12	0,09	0,09	0,09	0,22	0,18	<b>0,17</b>
<b>1982</b>	0,32	0,33	0,32	0,28	0,23	0,18	0,15	0,11	0,11	0,12	0,12	0,17	<b>0,20</b>
<b>1983</b>	0,26	0,44	0,38	0,27	0,23	0,19	0,15	0,11	0,09	0,08	0,16	0,15	<b>0,21</b>
<b>1984</b>	0,14	0,22	0,20	0,20	0,15	0,13	0,10	0,08	0,07	0,06	0,03	0,11	<b>0,12</b>

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEZ	QMEDIA
1985	0,18	0,16	0,23	0,21	0,18	0,13	0,11	0,08	0,06	0,05	0,06	0,11	0,13
1986	0,12	0,13	0,14	0,12	0,10	0,07	0,06	0,05	0,03	0,04	0,04	0,07	0,08
1987	0,06	0,13	0,27	0,23	0,17	0,15	0,12	0,09	0,08	0,09	0,18	0,21	0,15
1988	0,17	0,33	0,31	0,27	0,22	0,18	0,14	0,11	0,08	0,09	0,14	0,19	0,19
1989	0,18	0,21	0,20	0,20	0,14	0,12	0,11	0,07	0,10	0,07	0,18	0,34	0,16
1990	0,26	0,35	0,27	0,29	0,21	0,17	0,15	0,11	0,11	0,08	0,11	0,11	0,19
1991	0,14	0,25	0,27	0,30	0,22	0,19	0,15	0,12	0,09	0,08	0,09	0,17	0,17
1992	0,17	0,25	0,28	0,31	0,24	0,20	0,16	0,13	0,11	0,11	0,16	0,21	0,19
1993	0,20	0,25	0,23	0,20	0,16	0,13	0,10	0,08	0,07	0,04	0,08	0,24	0,15
1994	0,21	0,26	0,35	0,28	0,23	0,20	0,15	0,12	0,09	0,09	0,14	0,12	0,19
1995	0,18	0,16	0,20	0,27	0,17	0,15	0,12	0,10	0,07	0,10	0,08	0,13	0,14
1996	0,09	0,11	0,15	0,17	0,11	0,09	0,07	0,06	0,04	0,03	0,08	0,07	0,09
1997	0,16	0,17	0,19	0,21	0,17	0,15	0,12	0,09	0,07	0,07	0,06	0,09	0,13
1998	0,10	0,20	0,19	0,14	0,12	0,10	0,08	0,06	0,04	0,05	0,11	0,13	0,11
1999	0,18	0,22	0,28	0,20	0,18	0,15	0,11	0,09	0,10	0,09	0,19	0,15	0,16
2000	0,18	0,20	0,25	0,19	0,17	0,14	0,11	0,09	0,06	0,03	0,12	0,15	0,14
2001	0,18	0,26	0,20	0,18	0,15	0,12	0,09	0,07	0,06	0,08	0,10	0,15	0,14
2002	0,15	0,16	0,20	0,20	0,15	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,07	0,06	0,12
2003	0,15	0,16	0,20	0,20	0,15	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,07	0,06	0,12
2004	0,18	0,32	0,29	0,30	0,24	0,20	0,16	0,13	0,10	0,13	0,08	0,19	0,19
2005	0,18	0,25	0,32	0,21	0,19	0,15	0,12	0,09	0,07	0,07	0,07	0,08	0,15
2006	0,10	0,12	0,20	0,21	0,14	0,12	0,10	0,08	0,07	0,15	0,18	0,20	0,14
2007	0,24	0,26	0,21	0,19	0,15	0,12	0,09	0,07	0,05	0,03	0,04	0,08	0,13
2008	0,16	0,21	0,22	0,26	0,19	0,16	0,13	0,10	0,08	0,07	0,09	0,16	0,15
2009	0,22	0,19	0,20	0,19	0,17	0,14	0,11	0,09	0,09	0,14	0,19	0,24	0,16
2010	0,25	0,28	0,25	0,21	0,17	0,14	0,11	0,08	0,06	0,04	0,07	0,25	0,16
2011	0,16	0,23	0,22	0,18	0,16	0,13	0,10	0,08	0,06	0,11	0,13	0,19	0,14
2012	0,24	0,26	0,27	0,22	0,20	0,15	0,12	0,09	0,08	0,06	0,16	0,11	0,16
2013	0,28	0,18	0,29	0,24	0,21	0,17	0,13	0,11	0,08	0,10	0,13	0,14	0,17
2014	0,15	0,19	0,24	0,24	0,19	0,17	0,14	0,10	0,11	0,07	0,05	0,05	0,14
2015	0,06	0,14	0,13	0,18	0,15	0,13	0,11	0,08	0,07	0,09	0,11	0,12	0,11
2016	0,17	0,11	0,18	0,13	0,11	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08	0,11	0,15	0,11
QMEDIA	0,18	0,22	0,24	0,22	0,18	0,15	0,12	0,09	0,08	0,08	0,11	0,15	0,15
QMAX	0,32	0,45	0,38	0,31	0,24	0,20	0,16	0,13	0,11	0,15	0,22	0,34	0,21
QMIN	0,06	0,11	0,13	0,12	0,10	0,07	0,06	0,05	0,03	0,03	0,03	0,05	0,08

### 10.3.2 - SUB BACIA DO CORREGO COQUEIROS

De acordo com os trabalhos desenvolvidos por Paula e Cabral (2011) Rocha e Cabral (2011), a bacia hidrográfica do Córrego Coqueiros sofre com elevado grau de antropização devido ao modelo agropastoril implantado a partir de 1970, sendo que a cobertura vegetal original do cerrado foi destruída para dar origem a imensos campos de pastagem extensiva e áreas de

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

agricultura. A alteração do uso do solo no local foi capaz de proporcionar a degradação e compactação do solo, acentuando o escoamento superficial, condição que leva a intensificação dos processos erosivos, especialmente, em áreas vulneráveis. A área da sub bacia do Córrego Coqueiros abrange 8 hectares, e este apresenta a vazão média anual de 0,2 m<sup>3</sup>/s.

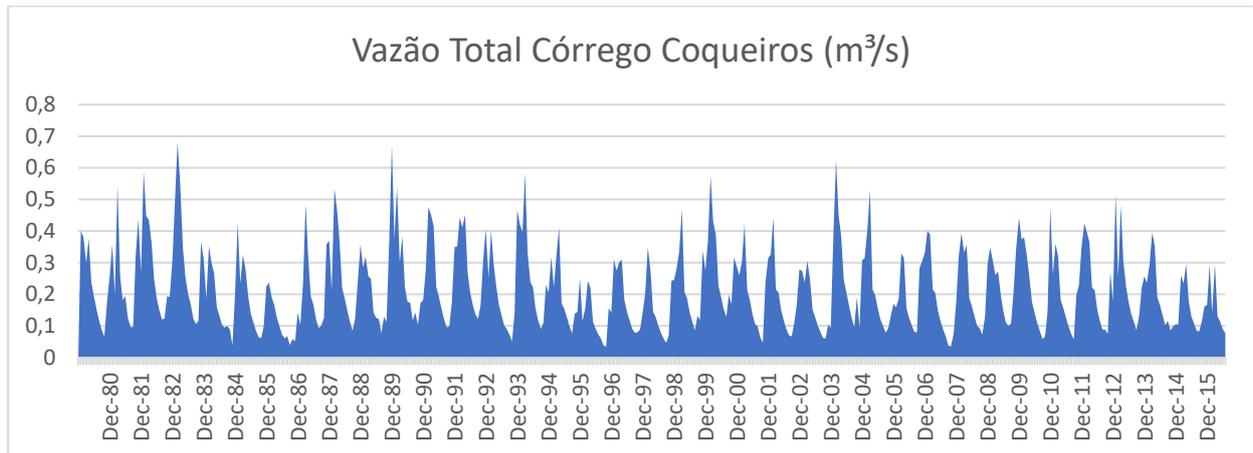


Figura 48 – Vazão média mensal na bacia do Córrego Coqueiros

O volume médio anual determinado é de 0,79 hm<sup>3</sup>. Como pode ser observado na Figura 48, o volume médio mensal apresenta um pequeno decréscimo ao longo do ano, principalmente entre os anos de 2014, 2015 e 2016. Porém como a vazão de base permanece constante durante o período do estudo, esta ajuda a manutenção da disponibilidade hídrica do manancial.

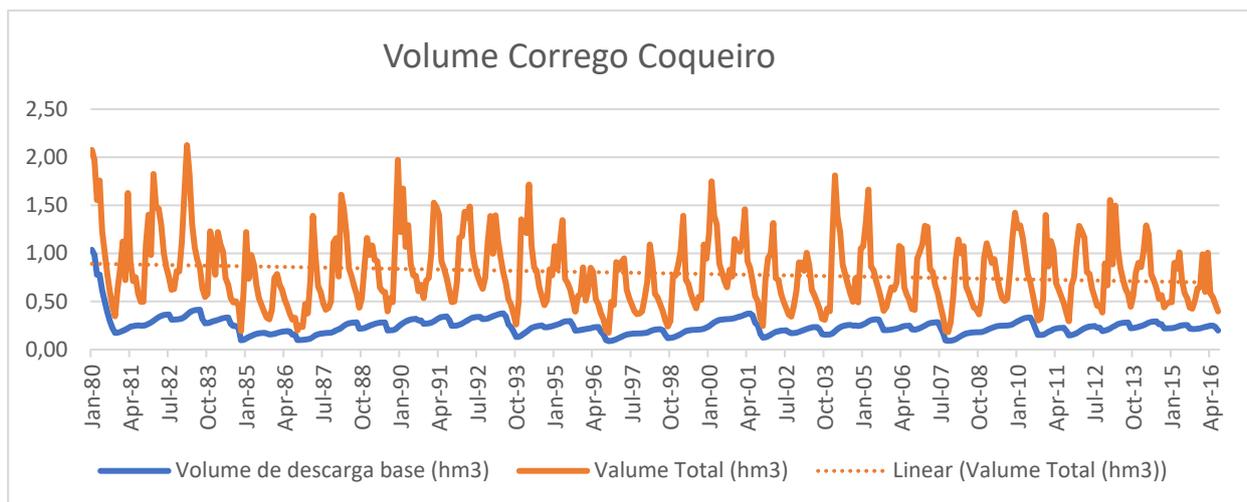


Figura 49 Volume média mensal na bacia do Córrego Coqueiros

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 39 - Vazões médias mensais estabelecidas para Jan/1980 a Dez/2016 – Vazões sintéticas reconstruídas com SWAT – Córrego Coqueiros.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEZ	QMEDIA
1980	0,40	0,38	0,30	0,38	0,24	0,19	0,15	0,12	0,09	0,07	0,18	0,26	0,23
1981	0,36	0,20	0,54	0,26	0,18	0,19	0,13	0,10	0,10	0,33	0,44	0,27	0,26
1982	0,59	0,45	0,44	0,36	0,25	0,19	0,15	0,12	0,12	0,19	0,19	0,31	0,28
1983	0,50	0,68	0,55	0,35	0,25	0,20	0,17	0,12	0,11	0,12	0,37	0,31	0,31
1984	0,18	0,35	0,30	0,27	0,16	0,13	0,10	0,09	0,10	0,09	0,04	0,19	0,17
1985	0,43	0,23	0,32	0,28	0,19	0,14	0,11	0,08	0,06	0,06	0,10	0,22	0,19
1986	0,24	0,19	0,17	0,13	0,10	0,07	0,06	0,07	0,04	0,06	0,05	0,14	0,11
1987	0,10	0,23	0,49	0,32	0,19	0,17	0,12	0,09	0,10	0,12	0,36	0,37	0,22
1988	0,21	0,53	0,47	0,37	0,22	0,19	0,15	0,11	0,08	0,12	0,25	0,36	0,25
1989	0,29	0,32	0,26	0,25	0,14	0,13	0,12	0,08	0,13	0,11	0,37	0,67	0,24
1990	0,37	0,54	0,30	0,38	0,22	0,18	0,17	0,12	0,14	0,10	0,17	0,18	0,24
1991	0,28	0,48	0,45	0,42	0,22	0,19	0,16	0,12	0,10	0,10	0,17	0,35	0,25
1992	0,35	0,44	0,41	0,45	0,27	0,20	0,17	0,14	0,12	0,17	0,31	0,41	0,29
1993	0,25	0,40	0,29	0,23	0,17	0,13	0,10	0,09	0,07	0,05	0,14	0,47	0,20
1994	0,42	0,40	0,58	0,33	0,24	0,22	0,15	0,12	0,09	0,11	0,23	0,20	0,26
1995	0,32	0,22	0,32	0,41	0,17	0,15	0,13	0,10	0,08	0,14	0,14	0,25	0,20
1996	0,11	0,16	0,24	0,22	0,11	0,09	0,07	0,06	0,04	0,03	0,16	0,14	0,12
1997	0,31	0,27	0,30	0,31	0,18	0,14	0,12	0,09	0,08	0,08	0,09	0,14	0,18
1998	0,20	0,35	0,27	0,14	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,07	0,24	0,24	0,16
1999	0,28	0,33	0,47	0,21	0,19	0,14	0,11	0,09	0,13	0,12	0,34	0,28	0,22
2000	0,37	0,57	0,43	0,39	0,23	0,19	0,15	0,13	0,20	0,17	0,32	0,29	0,29
2001	0,26	0,30	0,42	0,21	0,18	0,14	0,11	0,10	0,06	0,05	0,23	0,31	0,20
2002	0,32	0,44	0,22	0,21	0,15	0,12	0,09	0,07	0,07	0,11	0,17	0,28	0,19
2003	0,27	0,24	0,31	0,25	0,15	0,13	0,10	0,08	0,06	0,06	0,10	0,09	0,15
2004	0,39	0,63	0,45	0,38	0,25	0,20	0,16	0,13	0,10	0,19	0,09	0,31	0,27
2005	0,31	0,40	0,53	0,21	0,20	0,15	0,12	0,10	0,08	0,09	0,13	0,17	0,21
2006	0,16	0,19	0,33	0,31	0,15	0,12	0,10	0,08	0,08	0,28	0,31	0,33	0,20
2007	0,40	0,39	0,22	0,20	0,15	0,12	0,09	0,07	0,04	0,04	0,08	0,18	0,16
2008	0,32	0,39	0,33	0,35	0,19	0,16	0,13	0,10	0,09	0,07	0,13	0,30	0,21
2009	0,35	0,31	0,26	0,27	0,20	0,15	0,11	0,10	0,11	0,21	0,35	0,44	0,24
2010	0,37	0,38	0,33	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08	0,06	0,07	0,15	0,48	0,22
2011	0,26	0,36	0,32	0,18	0,16	0,13	0,10	0,07	0,06	0,20	0,23	0,35	0,20
2012	0,42	0,40	0,36	0,22	0,21	0,15	0,12	0,09	0,09	0,07	0,27	0,18	0,22
2013	0,52	0,25	0,48	0,30	0,22	0,17	0,14	0,11	0,09	0,13	0,22	0,26	0,24
2014	0,24	0,29	0,40	0,35	0,19	0,16	0,13	0,10	0,12	0,08	0,10	0,10	0,19
2015	0,10	0,26	0,23	0,30	0,18	0,13	0,11	0,08	0,08	0,11	0,16	0,17	0,16
2016	0,29	0,14	0,30	0,13	0,11	0,09	0,08	0,10	0,09	0,12	0,20	0,28	0,16
QMEDIA	0,31	0,35	0,36	0,29	0,19	0,15	0,12	0,10	0,09	0,12	0,20	0,28	0,21
QMAX	0,59	0,68	0,58	0,45	0,27	0,22	0,17	0,14	0,20	0,33	0,44	0,67	0,31
QMIN	0,10	0,14	0,17	0,13	0,10	0,07	0,06	0,06	0,04	0,03	0,04	0,09	0,11

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

### 10.3.3 - SUB BACIA CÓRREGO DO MEIO

O córrego do meio está localizado em uma área rural da Bacia do Descoberto, cujo o principal uso é irrigação de frutíferas. A vazão média mensal do córrego do meio é de 0,14 m<sup>3</sup>/s, distribuídas em uma área de 2,6 hectares.

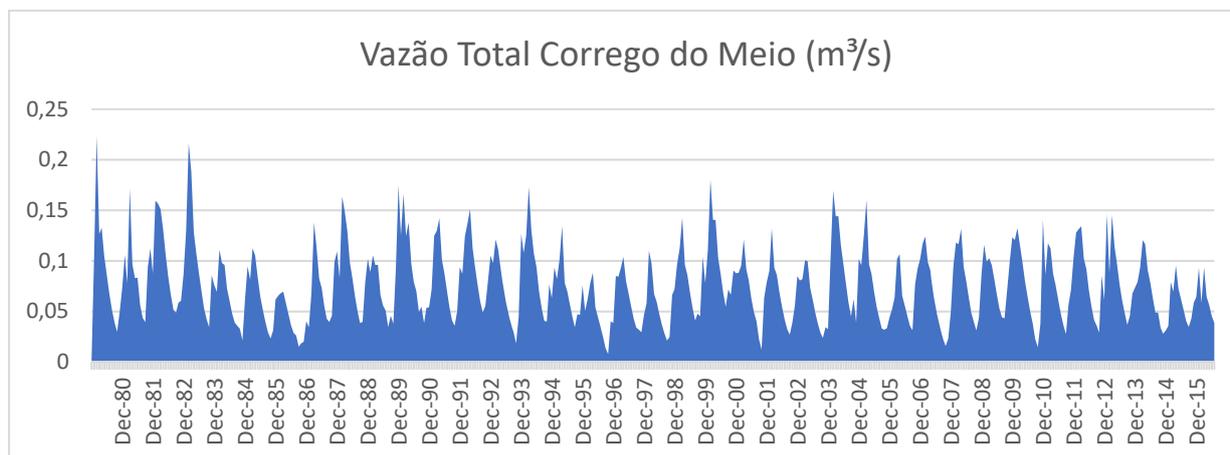


Figura 50 - Vazão média mensal na bacia do Córrego Coqueiros

O volume médio mensal de água disponível no Córrego do Meio é de 0,29 hm<sup>3</sup>. De acordo com o gráfico abaixo a partir do ano 2000 começa um decréscimo do volume de água disponível no manancial. Este principalmente pelo aumento do número concedidas de outorgas e crescimento da produção agrícola da região.

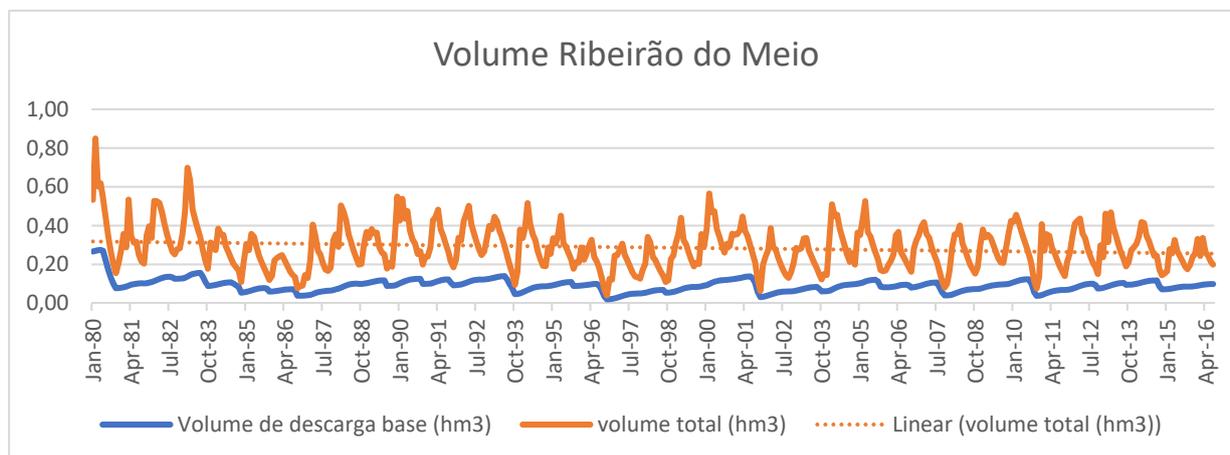


Figura 51 - Volume média mensal na bacia do Córrego Coqueiros

Tabela 40 - Vazões médias mensais estabelecidas para Jan/1980 a Dez/2016 – Vazões sintéticas reconstruídas com SWAT – Córrego do Meio

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEZ	QMEDIA
<b>1980</b>	0,10	0,22	0,13	0,13	0,10	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,05	0,07	0,09
<b>1981</b>	0,11	0,08	0,17	0,10	0,08	0,08	0,06	0,04	0,04	0,09	0,11	0,09	0,09

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEZ	QMEDIA
1982	0,16	0,16	0,15	0,13	0,11	0,08	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06	0,09	0,10
1983	0,13	0,22	0,19	0,13	0,11	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,09	0,08	0,10
1984	0,07	0,11	0,10	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,06	0,06
1985	0,09	0,08	0,11	0,11	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,06	0,06
1986	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
1987	0,03	0,07	0,14	0,11	0,08	0,07	0,06	0,04	0,04	0,05	0,10	0,11	0,07
1988	0,08	0,16	0,15	0,13	0,10	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04	0,08	0,10	0,09
1989	0,09	0,11	0,10	0,10	0,07	0,06	0,05	0,03	0,05	0,04	0,09	0,17	0,08
1990	0,12	0,17	0,12	0,14	0,10	0,08	0,07	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,09
1991	0,07	0,12	0,13	0,14	0,10	0,09	0,07	0,05	0,04	0,04	0,05	0,09	0,08
1992	0,09	0,12	0,14	0,15	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,06	0,08	0,11	0,09
1993	0,10	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,04	0,13	0,07
1994	0,11	0,13	0,17	0,13	0,11	0,09	0,07	0,05	0,04	0,04	0,08	0,06	0,09
1995	0,09	0,08	0,10	0,13	0,08	0,07	0,06	0,04	0,03	0,05	0,05	0,08	0,07
1996	0,05	0,06	0,08	0,09	0,05	0,04	0,04	0,03	0,01	0,01	0,04	0,04	0,04
1997	0,08	0,08	0,09	0,10	0,08	0,07	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06
1998	0,06	0,11	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,07	0,07	0,06
1999	0,10	0,11	0,14	0,10	0,09	0,07	0,05	0,04	0,05	0,05	0,10	0,08	0,08
2000	0,11	0,18	0,14	0,14	0,10	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,09	0,09	0,10
2001	0,09	0,10	0,12	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04	0,02	0,01	0,06	0,08	0,07
2002	0,09	0,13	0,09	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,07
2003	0,08	0,08	0,10	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,06
2004	0,10	0,17	0,14	0,14	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,06	0,04	0,10	0,10
2005	0,10	0,13	0,16	0,10	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
2006	0,05	0,06	0,10	0,11	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,08	0,09	0,10	0,07
2007	0,12	0,12	0,10	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,05	0,06
2008	0,09	0,12	0,12	0,13	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,09	0,08
2009	0,12	0,10	0,10	0,10	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04	0,07	0,10	0,12	0,08
2010	0,12	0,13	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,02	0,01	0,04	0,14	0,08
2011	0,09	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,06	0,07	0,10	0,07
2012	0,13	0,13	0,13	0,10	0,09	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03	0,09	0,06	0,08
2013	0,15	0,09	0,15	0,11	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,05	0,07	0,07	0,08
2014	0,08	0,09	0,12	0,12	0,09	0,08	0,06	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,07
2015	0,04	0,08	0,07	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,06	0,06	0,06
2016	0,09	0,06	0,09	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,08	0,06
QMEDIA	0,09	0,12	0,12	0,11	0,08	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04	0,06	0,08	0,08
QMAX	0,16	0,22	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,07	0,09	0,11	0,17	0,10
QMIN	0,03	0,06	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO****10.3.4 - SUB BACIA DO CÓRREGO ROCINHA DF**

A sub-bacia do córrego da Rocinha faz parte da bacia do Descoberto, sendo sua localização, aproximada, possuindo área total de 13,2 km<sup>2</sup>, caracterizando-se pela predominância de relevo plano a suave-ondulado com solo, na sua maioria do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro, e em menor escala, Hidromórficos. Esta possui uma vazão média mensal de 0,23 m<sup>3</sup>/s, o qual é praticamente utilizada para irrigação de frutífera, abastecimento e manutenção do equilíbrio aquático.

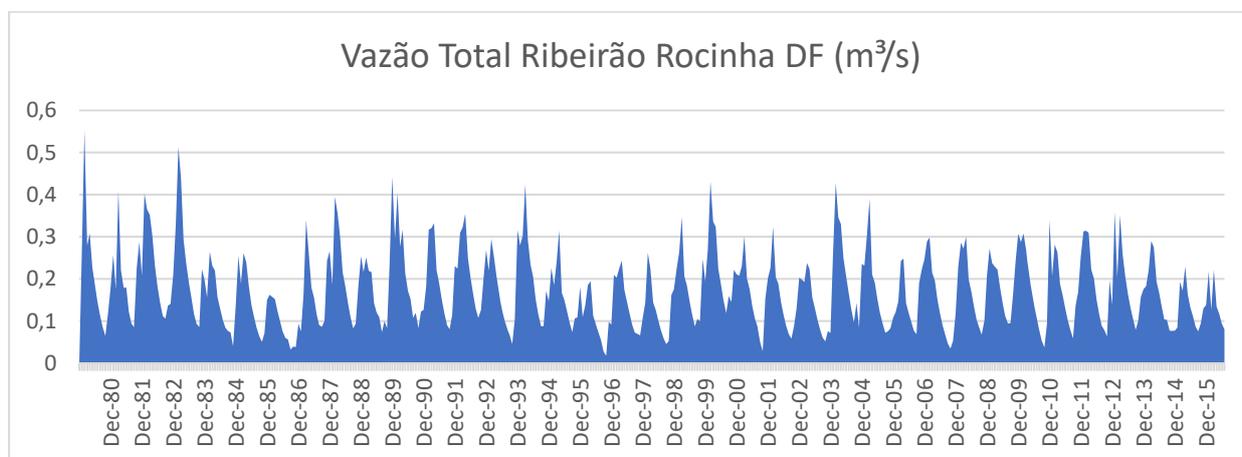


Figura 52 - Vazão média mensal na bacia do Ribeirão Rocinha DF

O volume médio mensal de água disponível na sub bacia do Ribeirão Rocinha DF é de 0,66 hm<sup>3</sup>. Durante a reconstrução da série sintética de volume do Ribeirão Rocinha DF, observou-se pouca variação na disponibilidade de água entre o período de 1980 a 2002. Um pequeno decréscimo na disponibilidade foi observado no período de 2002 a 2016, porém em valores pouco significativos (0,04 hm<sup>3</sup>). Ressalta-se ainda que a vazão de base apresentou constante ao longo da série de estudo.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

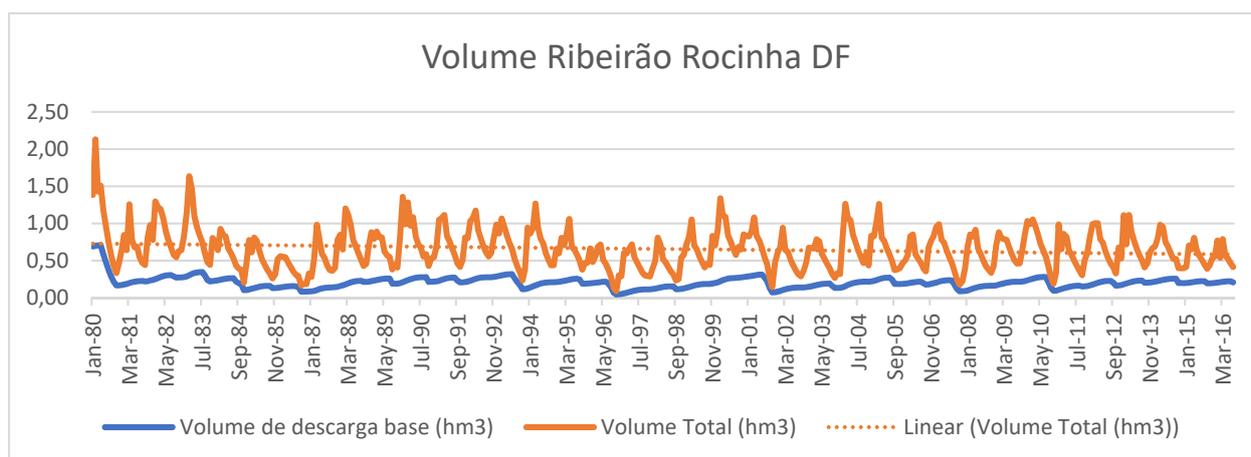


Figura 53 - Volume média mensal na bacia do Ribeirão Rocinha DF

Tabela 41 - Vazões médias mensais estabelecidas para Jan/1980 a Dez/2016 – Vazões sintéticas reconstruídas com SWAT – Ribeirão Rocinha DF

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEZ	QMEDIA
<b>1980</b>	0,27	0,55	0,28	0,31	0,23	0,19	0,15	0,11	0,08	0,06	0,12	0,18	0,21
<b>1981</b>	0,26	0,18	0,41	0,22	0,18	0,18	0,12	0,09	0,09	0,23	0,29	0,21	0,20
<b>1982</b>	0,40	0,36	0,35	0,30	0,23	0,18	0,14	0,11	0,11	0,14	0,14	0,21	0,22
<b>1983</b>	0,33	0,51	0,44	0,29	0,24	0,19	0,16	0,12	0,09	0,09	0,22	0,20	0,24
<b>1984</b>	0,16	0,26	0,23	0,22	0,16	0,13	0,10	0,08	0,08	0,07	0,04	0,14	0,14
<b>1985</b>	0,26	0,19	0,26	0,24	0,18	0,14	0,11	0,08	0,06	0,05	0,07	0,15	0,15
<b>1986</b>	0,16	0,16	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,06	0,03	0,04	0,04	0,09	0,09
<b>1987</b>	0,08	0,16	0,34	0,26	0,18	0,16	0,12	0,09	0,09	0,10	0,24	0,27	0,17
<b>1988</b>	0,19	0,39	0,36	0,30	0,22	0,18	0,14	0,11	0,08	0,09	0,19	0,25	0,21
<b>1989</b>	0,22	0,25	0,22	0,22	0,14	0,12	0,11	0,07	0,10	0,08	0,24	0,44	0,18
<b>1990</b>	0,29	0,40	0,28	0,32	0,21	0,17	0,15	0,11	0,12	0,08	0,12	0,13	0,20
<b>1991</b>	0,18	0,32	0,32	0,33	0,22	0,19	0,15	0,12	0,09	0,08	0,11	0,23	0,20
<b>1992</b>	0,22	0,31	0,32	0,35	0,25	0,20	0,16	0,13	0,11	0,13	0,20	0,27	0,22
<b>1993</b>	0,22	0,29	0,25	0,20	0,16	0,13	0,10	0,08	0,07	0,05	0,10	0,32	0,17
<b>1994</b>	0,28	0,30	0,42	0,29	0,23	0,20	0,15	0,12	0,09	0,09	0,17	0,15	0,21
<b>1995</b>	0,23	0,18	0,24	0,32	0,17	0,15	0,12	0,10	0,07	0,11	0,11	0,18	0,16
<b>1996</b>	0,11	0,14	0,18	0,19	0,11	0,09	0,07	0,06	0,03	0,02	0,10	0,09	0,10
<b>1997</b>	0,14	0,26	0,22	0,14	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,16	0,18	0,13
<b>1998</b>	0,22	0,26	0,35	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09	0,11	0,10	0,25	0,19	0,18
<b>1999</b>	0,27	0,43	0,34	0,32	0,22	0,19	0,15	0,12	0,16	0,15	0,22	0,21	0,23
<b>2000</b>	0,21	0,23	0,30	0,20	0,17	0,14	0,11	0,09	0,05	0,03	0,15	0,20	0,16
<b>2001</b>	0,23	0,32	0,20	0,19	0,15	0,12	0,09	0,07	0,06	0,09	0,13	0,20	0,15
<b>2002</b>	0,20	0,19	0,24	0,22	0,16	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,08	0,07	0,13
<b>2003</b>	0,20	0,19	0,24	0,22	0,16	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,08	0,07	0,13
<b>2004</b>	0,26	0,43	0,35	0,33	0,25	0,21	0,17	0,13	0,10	0,14	0,08	0,24	0,22

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEZ	QMEDIA
<b>2005</b>	0,23	0,30	0,39	0,21	0,19	0,15	0,12	0,09	0,07	0,08	0,08	0,11	0,17
<b>2006</b>	0,12	0,15	0,24	0,25	0,14	0,12	0,10	0,08	0,07	0,19	0,22	0,25	0,16
<b>2007</b>	0,29	0,30	0,22	0,20	0,15	0,12	0,09	0,07	0,05	0,03	0,05	0,12	0,14
<b>2008</b>	0,23	0,29	0,27	0,30	0,20	0,17	0,13	0,10	0,09	0,07	0,10	0,21	0,18
<b>2009</b>	0,27	0,24	0,23	0,22	0,18	0,14	0,11	0,09	0,09	0,16	0,24	0,31	0,19
<b>2010</b>	0,29	0,31	0,27	0,22	0,17	0,14	0,11	0,08	0,05	0,04	0,09	0,34	0,18
<b>2011</b>	0,21	0,28	0,26	0,19	0,16	0,13	0,10	0,08	0,06	0,14	0,17	0,25	0,17
<b>2012</b>	0,31	0,31	0,31	0,22	0,20	0,15	0,12	0,09	0,08	0,06	0,20	0,14	0,18
<b>2013</b>	0,36	0,20	0,35	0,26	0,21	0,17	0,13	0,11	0,08	0,10	0,16	0,18	0,19
<b>2014</b>	0,18	0,22	0,29	0,28	0,19	0,17	0,13	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	0,16
<b>2015</b>	0,08	0,19	0,17	0,23	0,16	0,13	0,11	0,09	0,08	0,09	0,13	0,14	0,13
<b>2016</b>	0,22	0,13	0,22	0,13	0,12	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,14	0,19	0,13
<b>QMEDIA</b>	0,23	0,28	0,28	0,24	0,18	0,15	0,12	0,09	0,08	0,09	0,14	0,19	0,17
<b>QMAX</b>	0,40	0,55	0,44	0,35	0,25	0,21	0,17	0,13	0,16	0,23	0,29	0,44	0,24
<b>QMIN</b>	0,08	0,13	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,06	0,03	0,02	0,04	0,07	0,09

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO****11 - DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DO ESCOAMENTO DE BASE**

Devido ao aumento da demanda por água, as características das vazões baixas de rios assumem importância fundamental nos estudos hidrológicos, principalmente em áreas que apresentam estações secas bem definidas. Essas informações são de extrema importância no planejamento e gestão do uso da água, pois fornecem valores limites para diferentes atividades hídricas como abastecimento de água, irrigação e estimativas de qualidade e quantidade da água.

É importante destacar, também, que o domínio de técnicas para a estimativa dos impactos causados por diferentes características de um período seco pode levar a que as consequências advindas de eventos dessa espécie possam ser enfrentadas com menos problemas, desde que tomadas as medidas preventivas necessárias.

Dessa maneira, técnicas para a compreensão do comportamento hidrológico têm grandes implicações na previsão da disponibilidade hídrica após um período de estiagem. Atualmente, os modelos hidrológicos são ferramentas promissoras no auxílio da compreensão da dinâmica hídrica e vêm sendo amplamente utilizados nos estudos de impactos hidrológicos advindos de fontes naturais e antrópicas.

O escoamento de base é um componente hidrológico fundamental, pois está diretamente relacionado com a descarga das reservas subterrâneas e a manutenção das reservas superficiais, dada pela disponibilidade de água durante períodos de estiagem. Uma representação inadequada do processo pode levar a que os modelos respondam de modo insatisfatório, decorrendo, assim, na falta de informações consistentes à tomada de decisões relacionadas, principalmente, às vazões baixas nos períodos de seca.

Para a avaliação dos componentes “Escoamento Direto” e “Escoamento de Base” separadamente se faz necessário a separação do hidrograma. Essa análise é necessária para separar os momentos quando a vazão observada no rio foi completamente abastecida pelo fluxo de base vindo do aquífero.

Para a separação dos escoamentos será aplicado o método desenvolvido por Lyne e Hollick (1979) e descrito por Arnold e Allen (1999), com base na técnica de filtro digital. Esse método foi testado para a bacia do Descoberto por Santos (2007) apresentando resultados positivos comparativamente a outros métodos de separação do fluxo de base e do escoamento superficial. O motivo de tal escolha também é devido ao fato de que o método é baseado apenas na análise do hidrograma e não requer dados adicionais de níveis de água do subsolo ou outra

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

característica física das águas subterrâneas. Segundo Arnold e Allen (1999) apesar de a metodologia não apresentar fundamento físico, é objetiva, reprodutível e admite que o usuário ajuste o hidrograma de recessão de acordo com as especificidades da região em estudo. A equação descreve o filtro utilizado para a separação:

$$q_t = \beta \times q_{t-1} + (1 + \beta)/2 \times (Q_t - Q_{t-1}) \quad (10)$$

em que  $q_t$  é o escoamento superficial estimado pelo filtro no tempo  $t$ ,  $Q_t$  é a vazão original no rio, e  $\beta$  é o parâmetro de filtro. O escoamento de base é determinado, então, pela diferença entre o deflúvio total e o escoamento estimado, de acordo com a equação:

$$b_t = Q_t - q_t \quad (11)$$

A tabela apresentada na Figura 54 foi desenvolvida para a separação o fluxo de base e permite assim os estudos com essa variável separadamente.

	A	B	C	D	E	F
1	OBSERVADO					
2	Parâmetros	$\beta$	0.980			
3	Data	Vazão Total (m <sup>3</sup> /s)	qt (m <sup>3</sup> /s)	qt corrigido (m <sup>3</sup> /s)	Vazão de Base (m <sup>3</sup> /s)	Vazão = Fluxo de Base
24	Jan-80	5.53	4.08	4.08	1.45	
25	Feb-80	8.38	6.82	6.82	1.56	
26	Mar-80	4.11	2.45	2.45	1.66	
27	Apr-80	4.15	2.44	2.44	1.71	
28	May-80	3.04	1.29	1.29	1.75	
29	Jun-80	2.52	0.76	0.76	1.77	
30	Jul-80	2.20	0.42	0.42	1.78	
31	Aug-80	1.84	0.06	0.06	1.78	
32	Sep-80	1.81	0.02	0.02	1.78	
33	Oct-80	1.54	-0.25	0.00	1.54	SIM
34	Nov-80	2.49	0.94	0.94	1.55	
35	Dec-80	3.77	2.19	2.19	1.58	

Figura 54 - Tabela para o cálculo da separação do hidrograma.

Na coluna A são inseridas as datas correspondentes aos dados de vazão em que se deseja separar o escoamento superficial e o escoamento de base.

Na coluna B é inserida a vazão total que se deseja separar, no caso a vazão observada em campo e a vazão simulada pelo modelo.

Na coluna C o cálculo com o filtro digital da equação 10 é feito ( $=C\$2*D23+(1+C\$2)/2*(B24-B23)$ ).

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Como vazões negativas não são possíveis fisicamente, na coluna D as vazões negativas resultantes da coluna C são corrigidas. Ou seja, se o escoamento superficial resultante da coluna C for menor que zero, substitui-se o valor por zero, se não se mantém o valor original.

O resultado da coluna D é o escoamento superficial, então na coluna E é feita a subtração do escoamento superficial calculado (coluna D) da vazão total observada (coluna B) (=B24-D24) conforme a equação 11.

Na coluna F apenas é feita a verificação se a vazão total corresponde ao fluxo de base. Ou seja, nesses momentos que  a vazão do rio é 100% abastecida por águas subterrâneas.

O parâmetro  $\beta$  está inserido na célula C2 e pode ser alterado. Quando isso é feito os resultados da separação mudam, então estabeleceu-se o  $\beta=0,98$  com base em estudos preliminares que estão em fase de publicação.

Vale ressaltar que o filtro digital de separação do hidrograma é também um modelo e por isso tem suas incertezas associadas.

### 11.1 - Sub-bacia do Rio Descoberto

Na Figura 55 é apresentado o gráfico resultante da separação do fluxo de base da vazão total da sub-bacia do Rio Descoberto. Na Figura 56 é apresentado apenas o fluxo de base e a linha de tendência linear afim de avaliar o comportamento dessa variável na série histórica analisada (1980 a 2014).

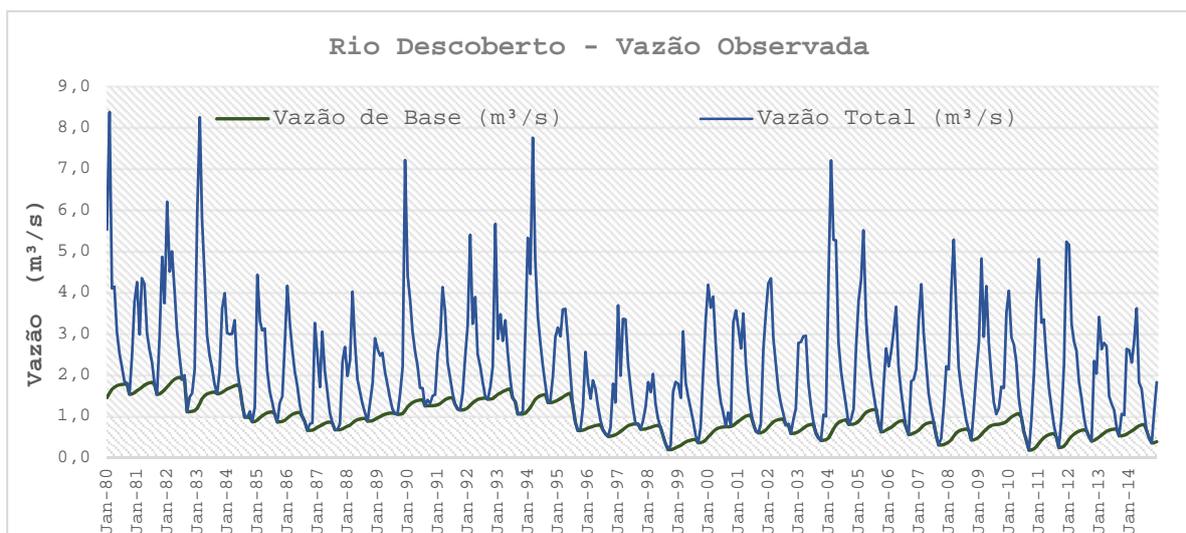


Figura 55 – Vazão total e fluxo de base separado pelo método do filtro digital. Sub-bacia do Rio Descoberto.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

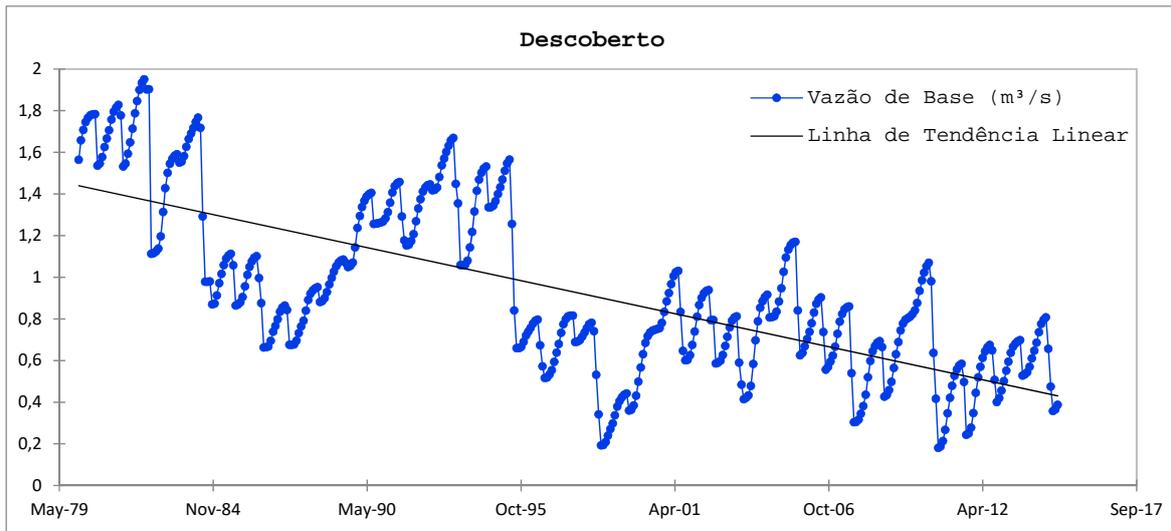


Figura 56 - Fluxo de base e linha de tendência linear. Sub-bacia do Rio Descoberto.

A linha de tendência do fluxo de base na bacia do Descoberto apresenta uma declividade negativa bastante expressiva. Unicamente com a linha de tendência linear não é possível avaliar estatisticamente a significância dessa declividade. Por isso, aplicou-se o método de Mann-Kendall na avaliação estatística da tendência apresentada.

Os estudos de tendências são importantes devido a necessidade de se compreender o impacto do homem sobre o ambiente natural. A urbanização, o desmatamento e mudanças na prática agrícola são os principais exemplos de atividades antrópicas que podem alterar aspectos importantes do ciclo hidrológico, tal como o fluxo de base.

Os testes de tendência estabelecem como hipótese nula ( $H_0$ ) a não existência de uma tendência na série para um nível  $\alpha$  de probabilidade. E, sob a hipótese alternativa ( $H_a$ ), assumem a existência de tendência na série analisada. Por isso a interpretação do teste é dada por:

$H_0$ : Não há tendência na série

$H_a$ : Há uma tendência positiva na série

Para a série de fluxos de base da sub-bacia do Rio Descoberto, para um intervalo de confiança de 95% e nível de significância de 0,05, o teste de Mann-Kendall ( $\tau$  Kendall = -0,480) assume que se deve rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$ . Ou seja, há uma tendência estatisticamente significativa na série analisada ao longo dos anos. (p-value = 0.0001;  $\alpha = 0,05$ ). O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é menor do que 0.01%.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Devido a constatação de tendência foi realizado o Teste de Pettitt, Teste de homogeneidade normal padrão (SNHT), Teste de Buishand e Teste de von Neumann para a verificação da homogeneidade da série.

Os testes estabelecem como hipótese nula ( $H_0$ ) que os dados são homogêneos. E, sob a hipótese alternativa ( $H_a$ ), assumem que a série é não-homogênea. Por isso a interpretação do teste é dada por:

$H_0$ : Os dados são homogêneos

$H_a$ : Há uma data em que houve alteração significativa nos dados

Quando computado um  $p$ -value é maior que o nível de significância  $\alpha$ , nesse estudo de 0,05, é aceita a hipótese nula  $H_0$ . Quando o  $p$ -value é inferior ao nível de significância  $\alpha$ , a hipótese nula  $H_0$  é rejeitada, aceitando-se assim a hipótese alternativa  $H_a$ .

Na Figura 57 é apresentado o resultado do teste de Pettitt quanto a análise da homogeneidade da série. Todos os métodos apresentaram resultados semelhantes, mas optou-se pela apresentação apenas do teste de Pettitt.

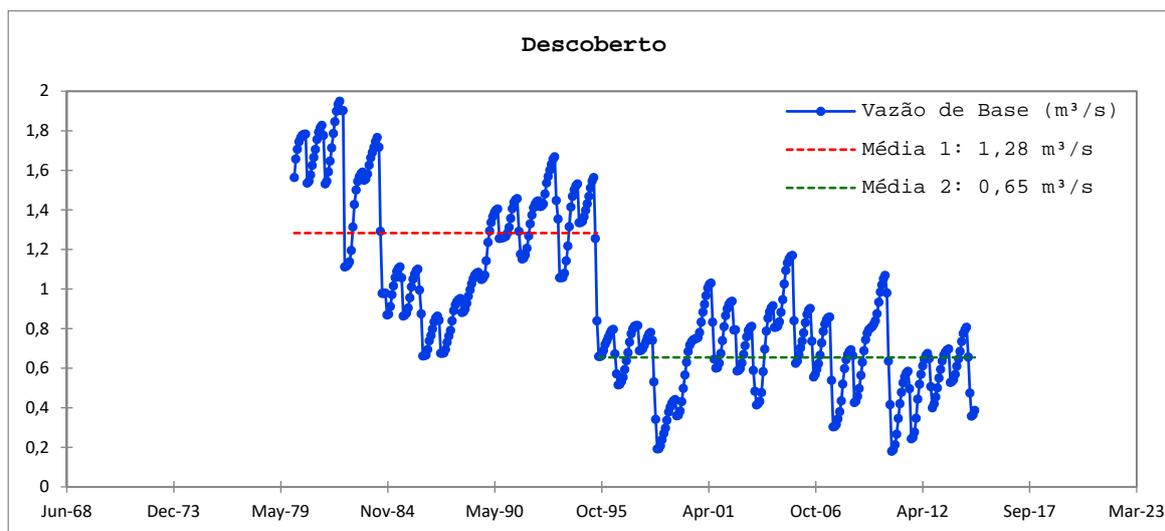


Figura 57 - Resultado do teste de Pettitt na análise de homogeneidade da série do fluxo de base da Sub-bacia do Rio Descoberto.

Para calcular o  $p$ -value foram utilizadas 10000 simulações de Monte Carlo. O intervalo de confiança utilizado foi de 99% e o nível de significância ( $\alpha$ ) de 0,05.

Como o  $p$ -valor calculado (0,0001) foi menor que o nível de significância  $\alpha=0,05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$ . Ou seja, a série é não homogênea. O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

O mesmo é observado na figura, em que é identificada uma descontinuidade na série no mês de agosto de 1995. A média do fluxo de base no primeiro período é de 1,28 m<sup>3</sup>/s, enquanto no segundo período é de 0,65 m<sup>3</sup>/s. Uma redução de, aproximadamente, 50% na média do fluxo de base entre os dois períodos.

### 11.2 - Sub-bacia do Córrego Chapadinha

Na Figura 58 é apresentado o gráfico resultante da separação do fluxo de base da vazão total da sub-bacia do Córrego Chapadinha. Na Figura 58 é apresentado apenas o fluxo de base e a linha de tendência linear afim de avaliar o comportamento dessa variável na série histórica analisada (1980 a 2014).

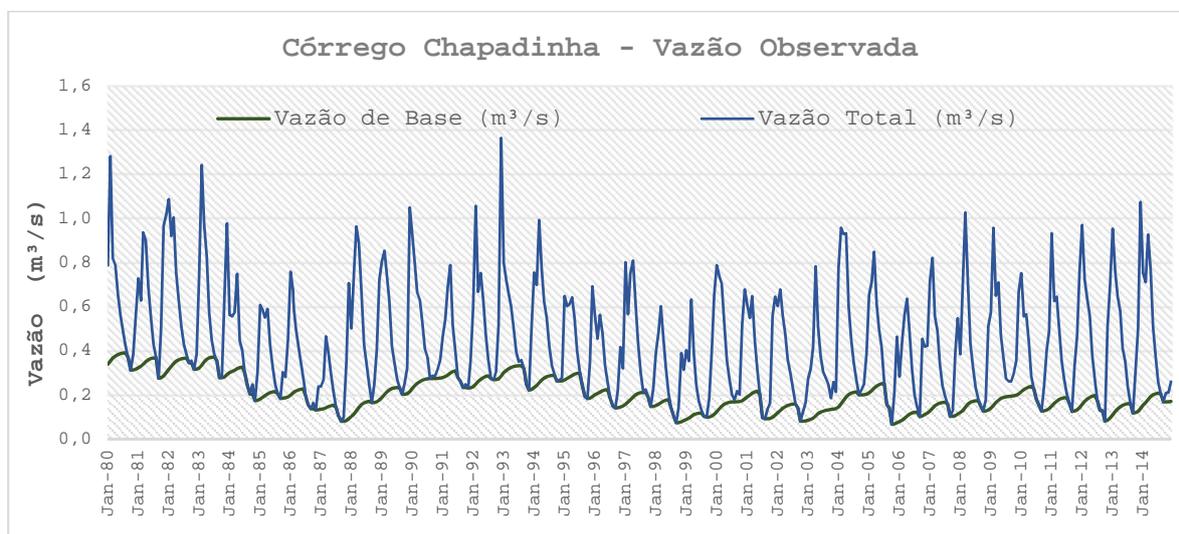


Figura 58 – Vazão total e fluxo de base separado pelo método do filtro digital. Sub-bacia do Córrego Chapadinha.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

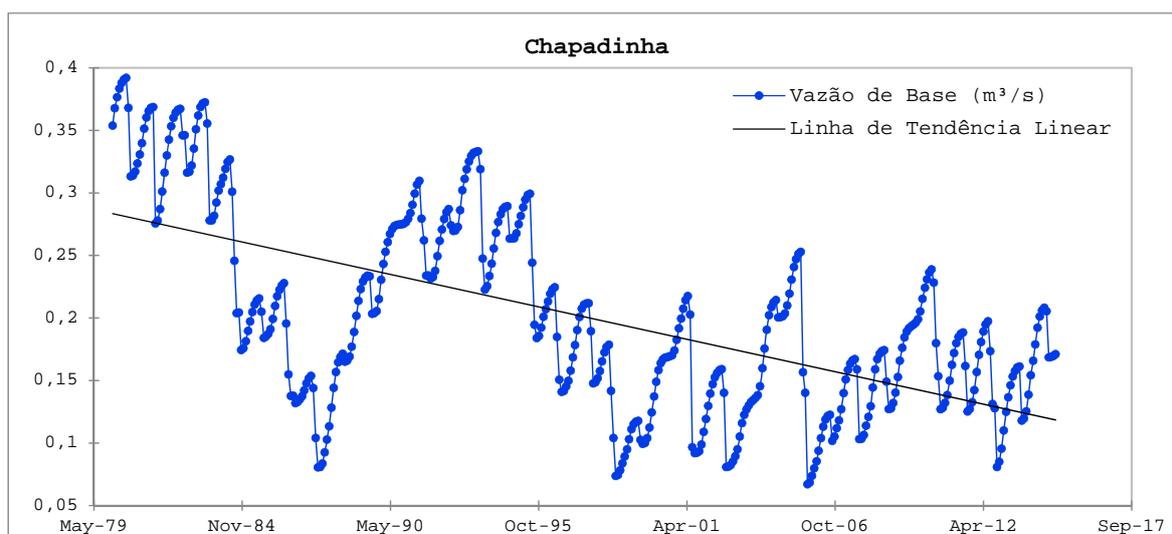


Figura 59 - Fluxo de base e linha de tendência linear. Sub-bacia do Córrego Chapadinha.

O teste de Mann-Kendall foi realizado para verificar a tendência verificada no fluxo de base apresentado na figura acima.

Como o p-valor calculado foi menor (0,0001) que o nível de significância  $\alpha=0,05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$ . O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%.

Dessa maneira é possível verificar que a tendência na diminuição do fluxo de base é estatisticamente significativa de acordo com o teste.

O teste de Pettitt foi realizado para analisar a homogeneidade da série e o resultado é apresentado na Figura 60.

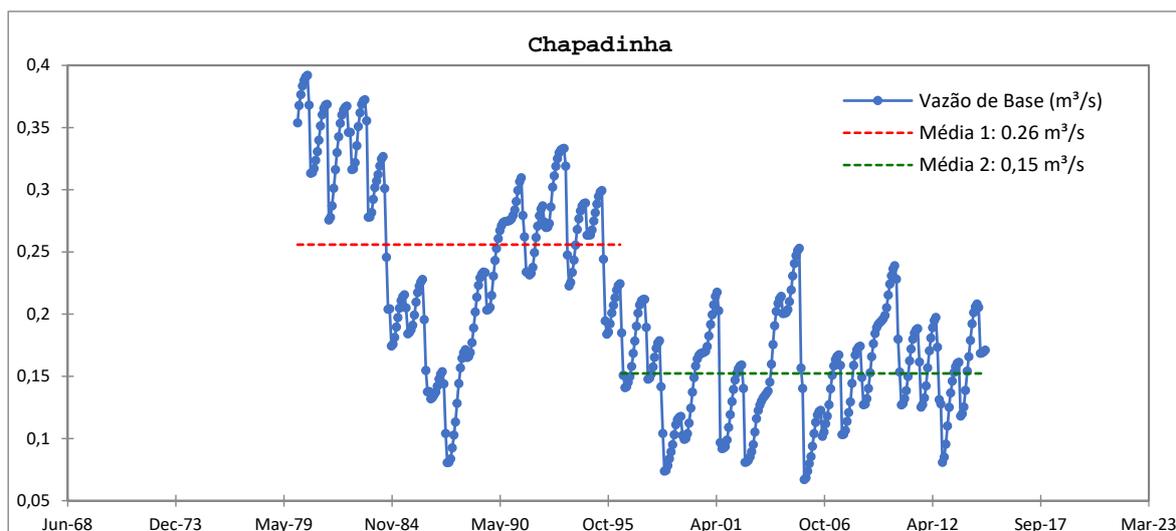


Figura 60 - Resultado do teste de Pettitt na análise de homogeneidade da série do fluxo de base da Sub-bacia do Córrego Chapadinha.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Como o p-valor calculado é menor (0,0001) que o nível de significância  $\alpha=0.05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$ . O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é menor do que 0.01%.

Foi no mês de junho de 1996 que a descontinuidade da série foi identificada. A média do fluxo de base passou de 0,26 m<sup>3</sup>/s para 0,15 m<sup>3</sup>/s.

**11.3 - Sub-bacia do Córrego Olaria**

Na Figura 61 é apresentado o gráfico resultante da separação do fluxo de base da vazão total da sub-bacia do Córrego Olaria. Na Figura 56 é apresentado apenas o fluxo de base e a linha de tendência linear afim de avaliar o comportamento dessa variável na série histórica analisada (1986 a 2014).

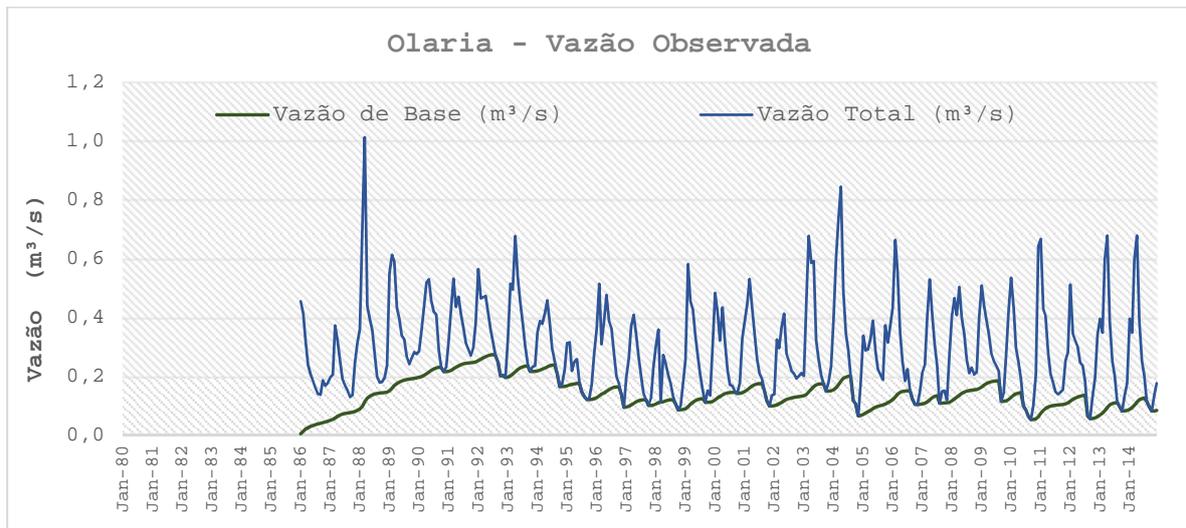


Figura 61 – Vazão total e fluxo de base separado pelo método do filtro digital. Sub-bacia do Córrego Olaria.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

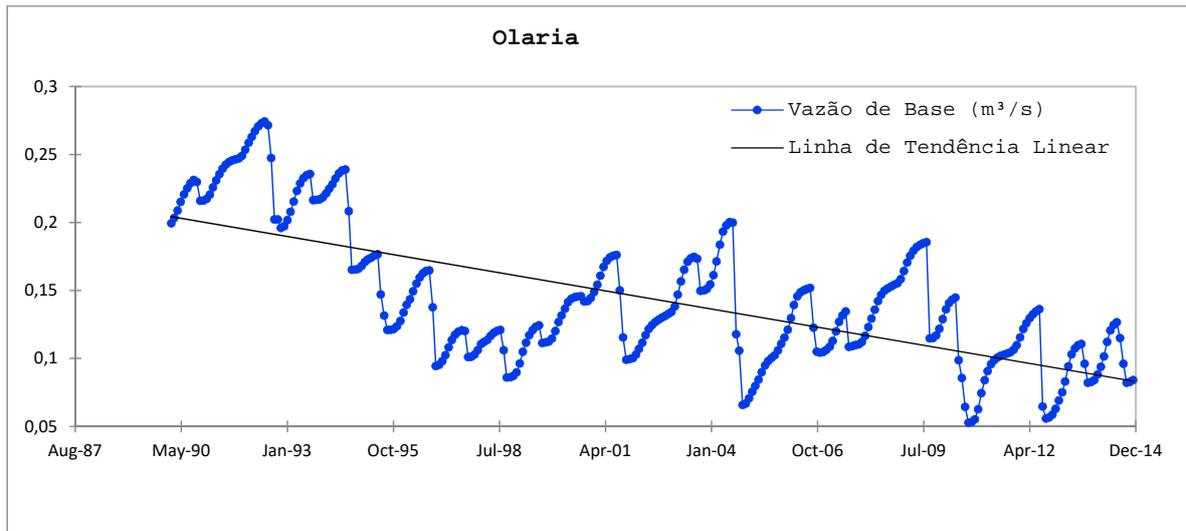


Figura 62 - Fluxo de base e linha de tendência linear. Sub-bacia do Córrego Olaria.

O teste de Mann-Kendall foi realizado para verificar a tendência verificada no fluxo de base.

Como o p-valor calculado (0,0001) foi menor que o nível de significância  $\alpha=0,05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$ . O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é menor do que 0.01%.

Ou seja, há uma tendência estatisticamente significativa na redução do fluxo de base ao longo da série analisada. Portanto, o teste de homogeneidade foi realizado e o resultado é apresentado na Figura 63.

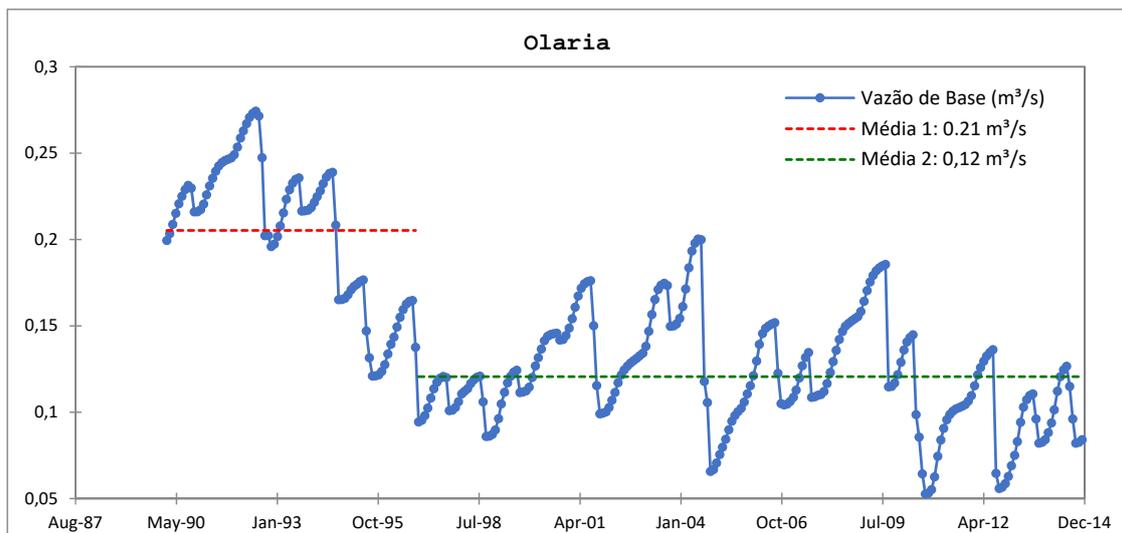


Figura 63 - Resultado do teste de Pettitt na análise de homogeneidade da série do fluxo de base da Sub-bacia do Rio Descoberto.

## PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Como o p-valor (0,00001) calculado é menor que o nível de significância  $\alpha=0.05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$ . O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é menor do que 0.01%.

Foi no mês de novembro de 1996 que a descontinuidade da série foi identificada. A média do fluxo de base passou de 0,21 m<sup>3</sup>/s para 0,12 m<sup>3</sup>/s. Uma redução de 43% entre as médias.

### 11.4 - Sub-bacia do Ribeirão Rodeador

Na Figura 64 é apresentado o gráfico resultante da separação do fluxo de base da vazão total da sub-bacia do Ribeirão Rodeador. Na Figura 654 é apresentado apenas o fluxo de base e a linha de tendência linear afim de avaliar o comportamento dessa variável na série histórica analisada (1980 a 2014).

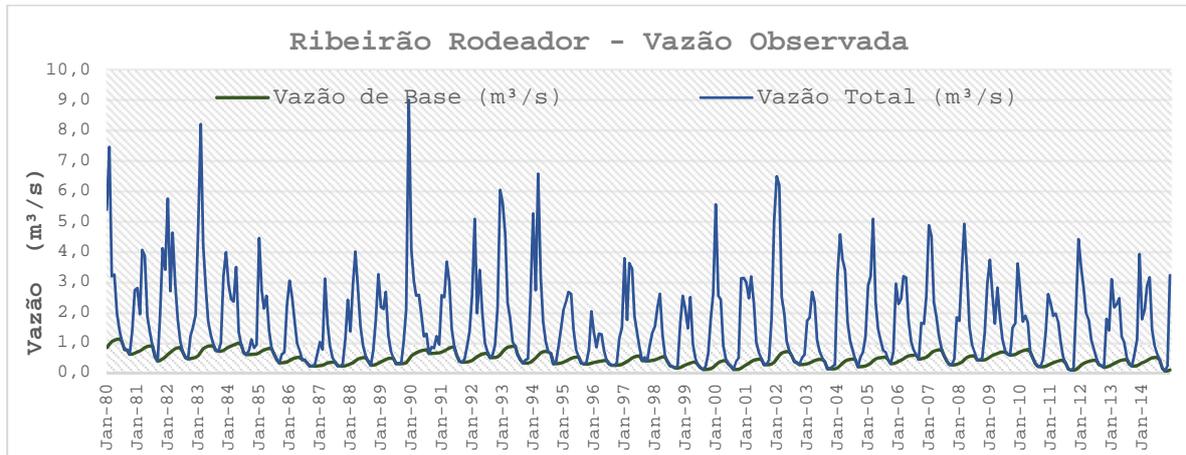


Figura 64 – Vazão total e fluxo de base separado pelo método do filtro digital. Sub-bacia do Ribeirão Rodeador.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

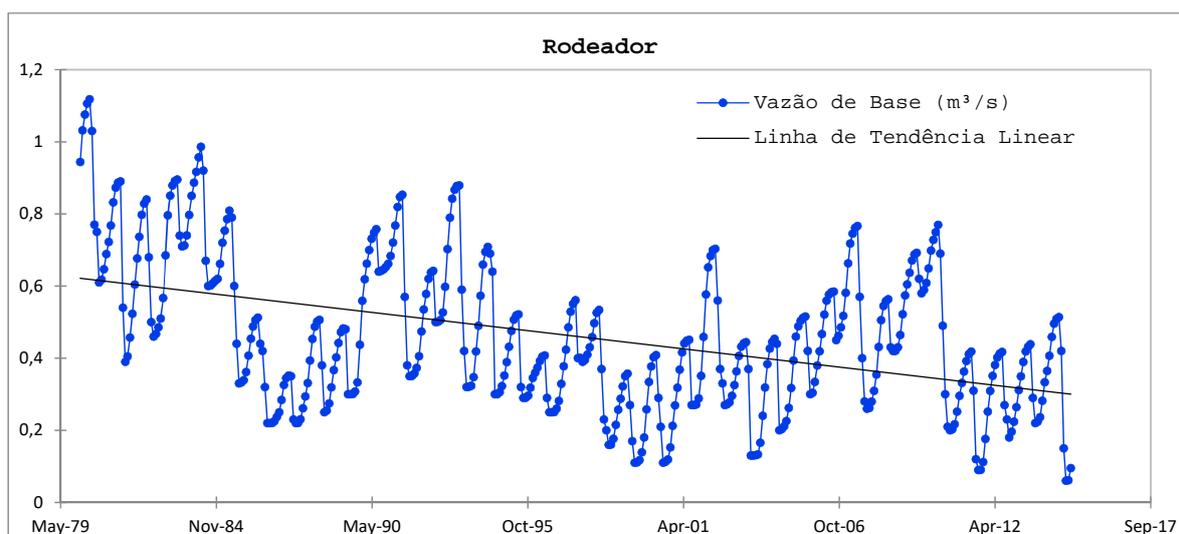


Figura 65 - Fluxo de base e linha de tendência linear. Sub-bacia do Ribeirão Rodeador.

Devido a tendência linear representada o teste de Mann-Kendall foi realizado. Como o p-valor calculado (0,0001) é menor que o nível de significância  $\alpha=0.05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$ . O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é menor do que 0.01%.

Ou seja, de acordo com o teste aplicado há uma tendência significativa na diminuição do fluxo de base ao longo dos anos. O teste Pettitt foi realizado para verificar a homogeneidade da série. Os resultados são apresentados na Figura 66.

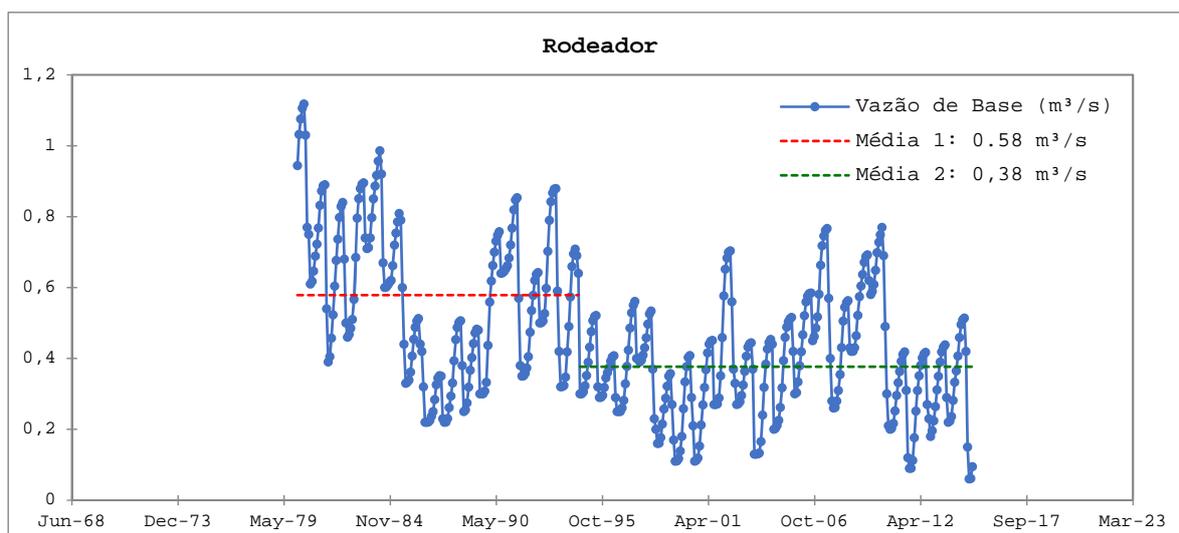


Figura 66 - Resultado do teste de Pettitt na análise de homogeneidade da série do fluxo de base da Sub-bacia do Ribeirão Rodeador.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Como o p-valor calculado (0,0001) é menor que o nível de significância  $\alpha=0.05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$ . O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é menor do que 0.01%.

A descontinuidade da série foi dada em agosto de 1994 e o fluxo de base médio passou de 0,58 m<sup>3</sup>/s para 0,38 m<sup>3</sup>/s. Essa diferença de 0,2 m<sup>3</sup>/s representa 35% do fluxo de base médio no início da série analisada.

### 11.5 - Sub-bacia do Córrego Capão Comprido

Na Figura 67 é apresentado o gráfico resultante da separação do fluxo de base da vazão total da sub-bacia do Córrego Capão Comprido. Na Figura 68 é apresentado apenas o fluxo de base e a linha de tendência linear afim de avaliar o comportamento dessa variável na série histórica analisada (1980 a 2014).

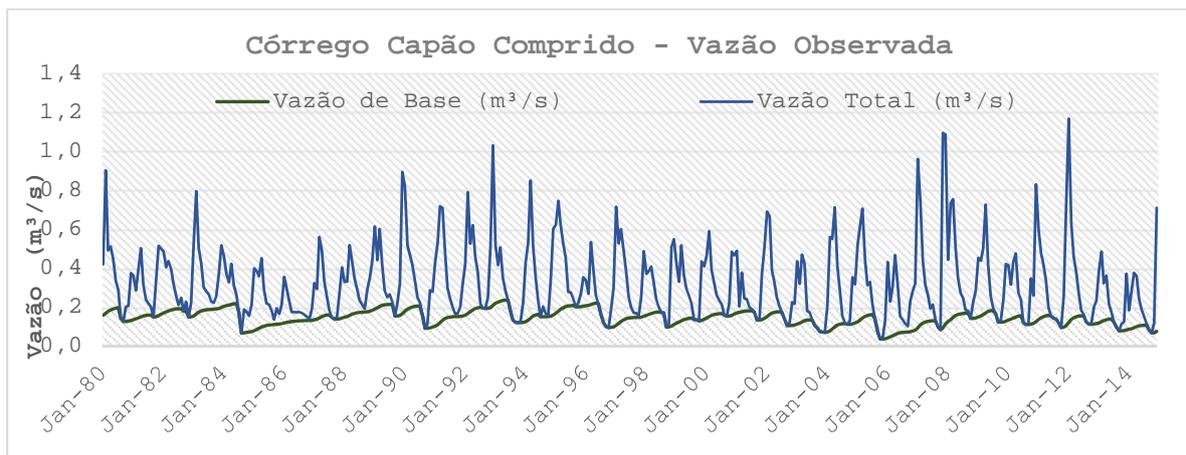


Figura 67 – Vazão total e fluxo de base separado pelo método do filtro digital. Sub-bacia do Córrego Capão Comprido.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

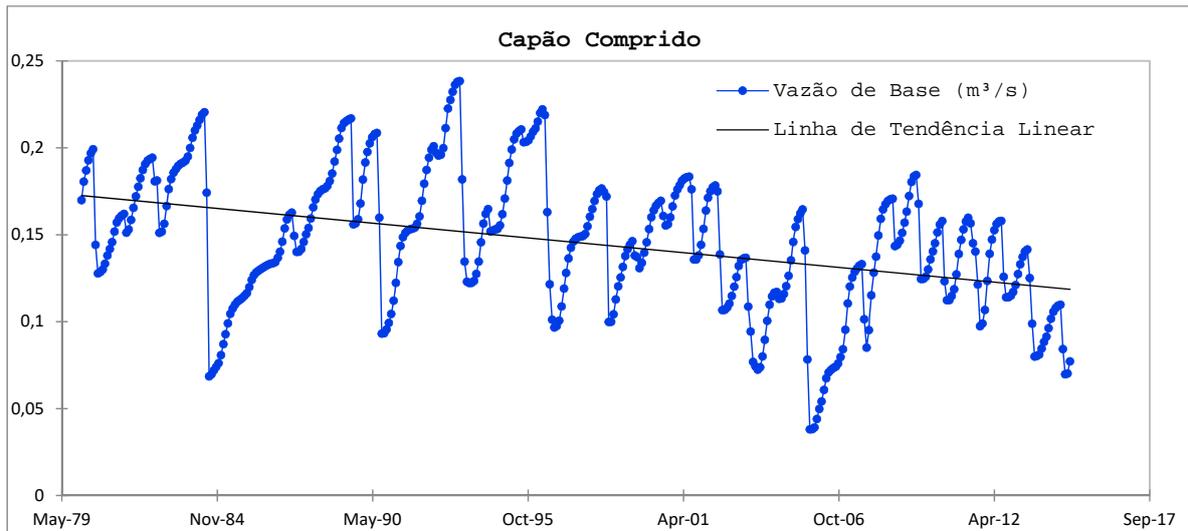


Figura 68 - Fluxo de base e linha de tendência linear. Sub-bacia do Córrego Capão Comprido.

O teste de Mann-Kendall foi realizado para verificar a tendência verificada no fluxo de base. Como o p-valor calculado (0,0001) foi menor que o nível de significância  $\alpha=0,05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$ . O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é menor do que 0.01%.

Ou seja, há uma tendência estatisticamente significativa na redução do fluxo de base ao longo da série analisada. Portanto, o teste de homogeneidade foi realizado e o resultado é apresentado na Figura 69.

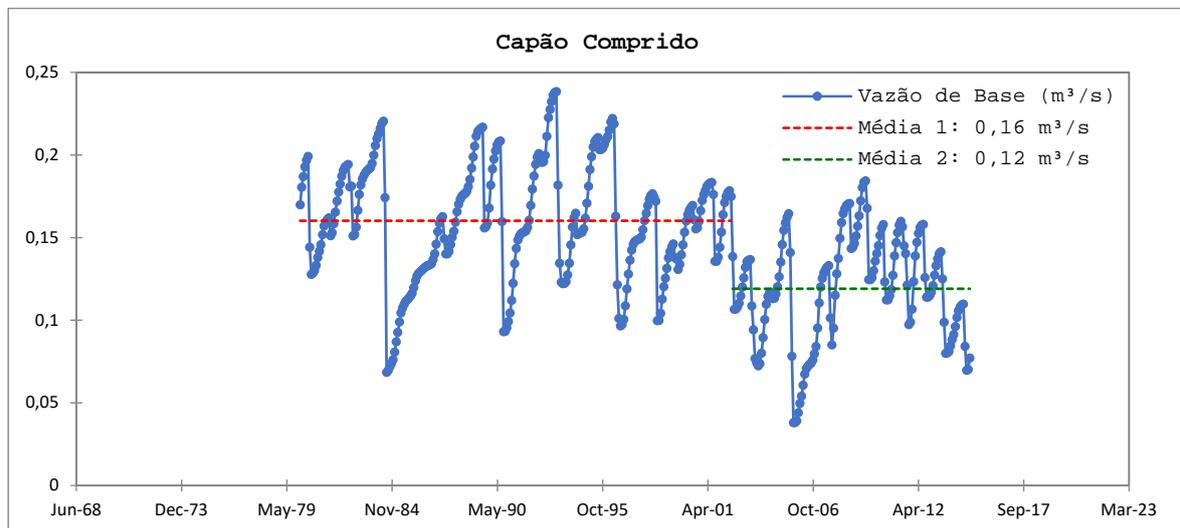


Figura 69 - Resultado do teste de Pettitt na análise de homogeneidade da série do fluxo de base da Sub-bacia do Córrego Capão Comprido.

## PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Como o p-valor calculado (0,0001) é menor que o nível de significância  $\alpha=0.05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$ . O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é menor do que 0.01%.

A descontinuidade da série foi dada em julho de 1992 e o fluxo de base médio passou de 0,16 m<sup>3</sup>/s para 0,12 m<sup>3</sup>/s. Essa diferença de 0,04 m<sup>3</sup>/s representa 25% do fluxo de base médio no início da série analisada.

### 11.6 - Sub-bacia do Ribeirão das Pedras

Na Figura 70 é apresentado o gráfico resultante da separação do fluxo de base da vazão total da sub-bacia do Ribeirão das Pedras. Na Figura 71 é apresentado apenas o fluxo de base e a linha de tendência linear afim de avaliar o comportamento dessa variável na série histórica analisada (1980 a 2014).

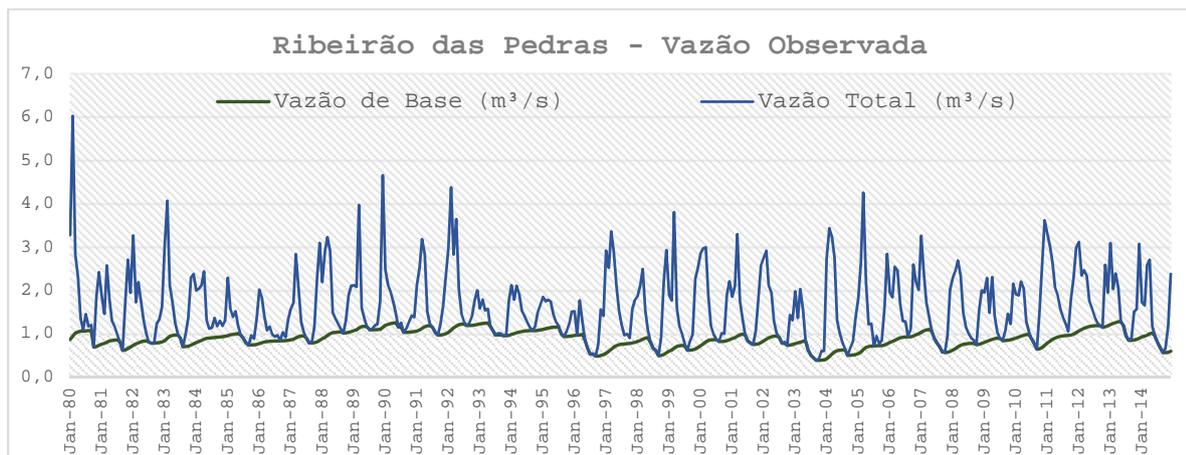


Figura 70 – Vazão total e fluxo de base separado pelo método do filtro digital. Sub-bacia do Ribeirão das Pedras.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

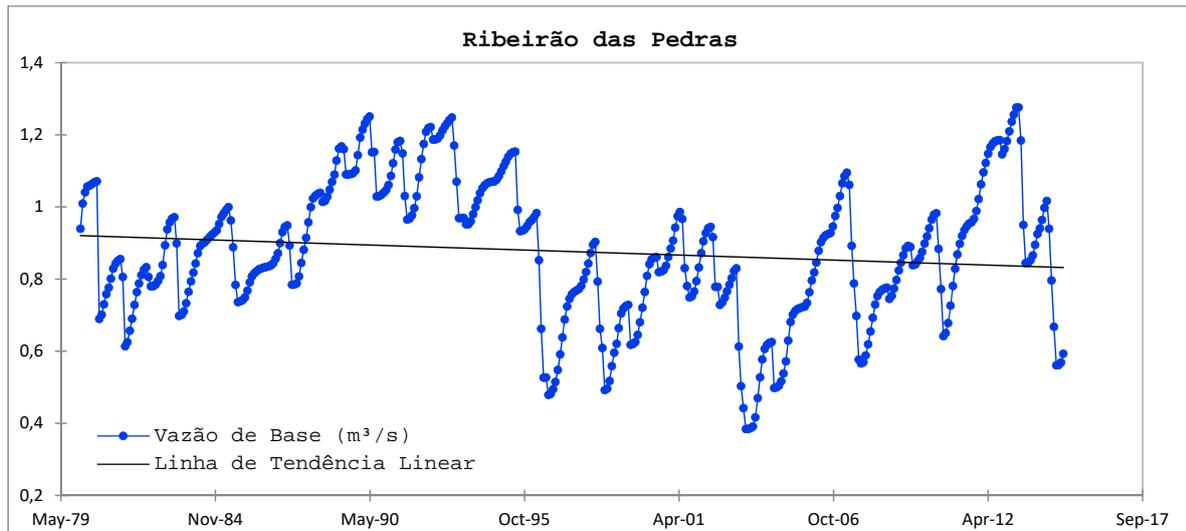


Figura 71 - Fluxo de base e linha de tendência linear. Sub-bacia do Ribeirão das Pedras.

O teste de Mann-Kendall foi realizado para verificar a tendência verificada no fluxo de base. Como o p-valor calculado (0,106) foi maior que o nível de significância  $\alpha=0,05$ , não se deve rejeitar a hipótese nula  $H_0$ . O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é de 10.61%.

Ou seja, não há uma tendência estatisticamente significativa na redução do fluxo de base ao longo da série analisada. Independentemente do resultado de Mann-Kendall o teste de homogeneidade foi realizado e o resultado é apresentado na Figura 72.

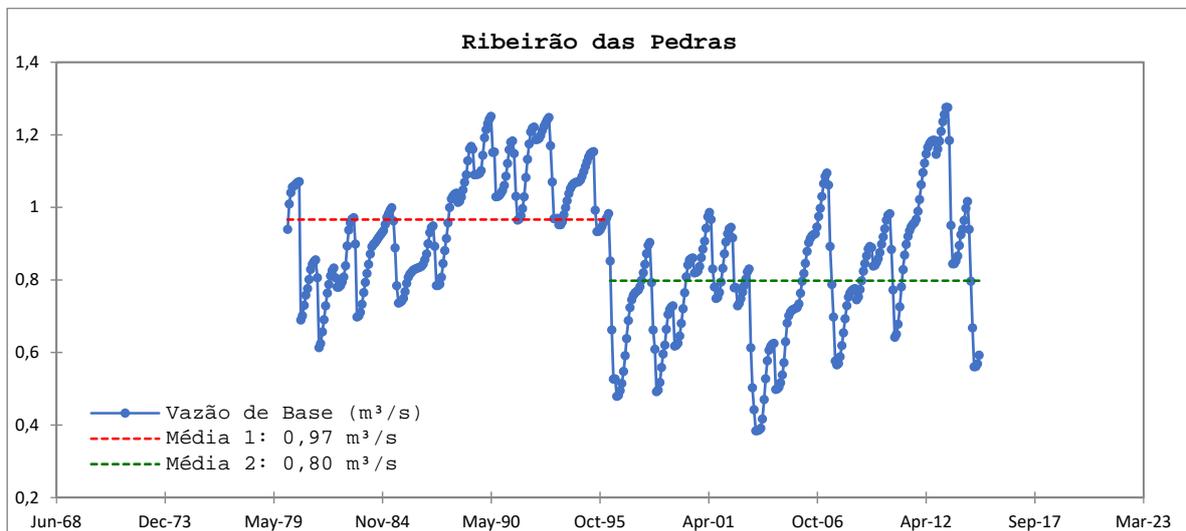


Figura 72 - Resultado do teste de Pettitt na análise de homogeneidade da série do fluxo de base da Sub-bacia do Ribeirão das Pedras.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Como o p-valor calculado (0,0001) é menor que o nível de significância  $\alpha=0.05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$ . O risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira é menor do que 0.01%.

A descontinuidade da série foi dada em abril de 1996 e o fluxo de base médio passou de 0,97 m<sup>3</sup>/s para 0,80 m<sup>3</sup>/s. Essa diferença de 0,17 m<sup>3</sup>/s representa 17% do fluxo de base médio no início da série analisada.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO****12 - AVALIAÇÃO DA MODELAGEM**

A modelagem inicial, que se refere ao modelo sem calibração, foi realizada para avaliação do desempenho do modelo, de modo a analisar visualmente e estatisticamente o comportamento das vazões simuladas perante as vazões observadas nos pontos monitorados. Este procedimento permite preparar melhor as etapas de análise de sensibilidade, calibração e validação tendo em vista uma avaliação inicial do comportamento do modelo com base em uma estimativa inicial dos parâmetros.

Buscou-se, então, avaliar o modelo com diferentes critérios de desempenho. Para selecionar as técnicas utilizadas para avaliação da eficiência de um modelo, foi conduzida uma revisão na literatura relacionada com as discussões das características dos diferentes critérios de desempenho por diversos autores: ASCE (1996); Gupta et al. (1998); Hall (2001); Legates e McCabe (1999); Moriasi et al. (2007); Pushpalatha et al. (2012); De Vos e Rientjes (2007). Os critérios de desempenho foram escolhidos com intuito de caracterizar diferentes aspectos da resposta do fluxo. O quadro com os índices selecionados para a avaliação do modelo proposto é apresentado na Tabela 42.

As estatísticas quantitativas foram divididas em três categorias principais: (1) Índices de erro, que quantificam o desvio em unidades dos dados de interesse; (2) Índices de Regressão, determinam a força da relação entre os dados medidos e simulados; e (3) Índices Adimensionais, fornecem uma avaliação do modelo como um todo, comparativamente a um modelo de referência.

Algumas modificações no tradicional índice de eficiência de Nash e Sutcliffe são relatadas na literatura e são feitas com o intuito de fornecer mais informações sobre os erros sistemáticos e dinâmicos presentes na simulação do modelo.

Para reduzir o problema das diferenças ao quadrado e a sensibilidade resultante a valores extremos, o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe é também calculado com valores logarítmicos das vazões simuladas e observadas (Krause and Boyle 2005). Por meio dessa transformação logarítmica, as vazões altas são rebaixadas e os baixos fluxos são mantidos mais ou menos no mesmo nível. Como resultado, a influência dos valores de baixo fluxo aumenta em comparação com os picos de vazão, resultando em um aumento na sensibilidade ao modelo.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 42 – Índices de desempenho, sigla, definição e equação.

Índices de Erro		
Sigla	Definição	Equação
PBIAS	Erro médio relativo	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{ q_i - \hat{q}_i }{q_i} \times 100$
Estatísticas de Regressão Padrão		
Sigla	Definição	Equação
R <sup>2</sup>	Coeficiente de Determinação (Coeficiente de Correlação de Pearson)	$\left( \frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q}_i)(\hat{q}_i - \bar{\hat{q}}_i)}{\sum_{i=1}^n [(q_i - \bar{q}_i)^{0.5}] \times [(\hat{q}_i - \bar{\hat{q}}_i)^{0.5}]} \right)^2$
Índices adimensionais		
Sigla	Definição	Equação
NSE	Coeficiente de Eficiência de Nash- Sutcliffe	$1 - \frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \hat{q}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q}_i)^2}$
NSE <sub>Log</sub>	Coeficiente de Eficiência de Nash- Sutcliffe - Log da Vazão	$1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\log q_i - \log \hat{q}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\log q_i - \log \bar{q}_i)^2}$

*n é o número total de dados, ε é uma pequena constante, q<sub>i</sub> e q̂<sub>i</sub> são respectivamente as vazões observadas e simuladas no intervalo de tempo.*

Essa avaliação do comportamento inicial do modelo SWAT foi feita com o intuito de auxiliar na interpretação do sistema hidrológico modelado, apoiando assim a seleção dos parâmetros de modo a minimizar as falhas e categorizar as melhorias que exigiam ser feitas.

A base de dados utilizada, referente a parametrização do modelo quanto ao clima, uso do solo e tipos de solo para a região de estudo.

### 12.1 - Hidrogramas sem uso da água

Num primeiro passo os hidrogramas foram simulados pelo modelo SWAT com os valores iniciais dos parâmetros. Após a modelagem a vazão simulada foi comparada com a vazão observada, com o intuito de avaliar o comportamento do modelo.

Nesse primeiro momento não foram considerados os dados de uso da água para os diversos setores (irrigação, abastecimento, dessedentação animal, etc.), ou seja, devido à incerteza nos dados de retirada de água, esses dados não foram inseridos como dado de entrada no modelo.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Posteriormente a demanda foi considerada em duas situações, como uso da água igual às outorgas estabelecidas, e como uso da água igual a estimativa de demanda concluída no produto 2 deste estudo.

O gráfico da Figura 73 apresenta a vazão observada versus a vazão simulada na sub-bacia do Rio Descoberto e coeficientes de eficiência nessa simulação inicial, sem calibração, e sem usos de água.

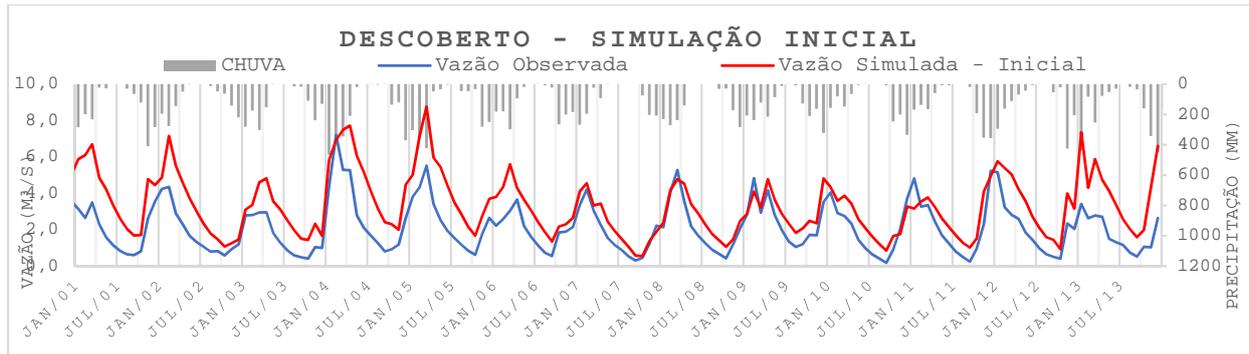


Figura 73 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do Rio Descoberto e coeficientes de eficiência. Simulação inicial, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial
NSE	-0.32
NSElog	0.24
NSEiq	0.30
ErroMédio	88.61
ErroMax	371.66
R <sup>2</sup>	0.69

É possível observar que o modelo concorda com o comportamento básico hidrológico dos períodos de chuva e de estiagem, porém há uma defasagem no processo de descarga do aquífero, ou seja, no período de recessão do hidrograma e os períodos de estiagem acabam sendo superestimados em relação a quantidade de água disponível. A única fase melhor representada, graficamente, é a ascensão do hidrograma, ou seja, a recuperação da bacia após o período de estiagem. Porém devido a superestimativa no volume de água durante o período de estiagem, a vazão nos períodos de chuva acaba sendo subestimada também.

Essas observações são, de certa forma, verificadas nos resultados da avaliação estatística, onde o R<sup>2</sup> foi de 0,69 indicando esse acompanhamento do comportamento de ascensão e recessão do hidrograma e o NSE de -0,32, um índice negativo, indica que o modelo não responde satisfatoriamente às vazões observadas. O erro médio indica que o modelo errou em

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

aproximadamente 89% o volume observado. Com o NSE log é possível destacar que o modelo não se apresenta tão ruim quanto indicado pelo NSE, que considera com maior valor as vazões de pico, ou seja, o modelo está errando em grandes valores os meses chuvosos.

Vale ressaltar que nesse momento as vazões de retirada para usos diversos na bacia não foram consideradas, então esses erros podem diminuir quando considerada a remoção dessa água do sistema.

Na Figura 74 é apresentado o gráfico com os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do Ribeirão Rodeador seguido dos resultados dos índices de eficiência.

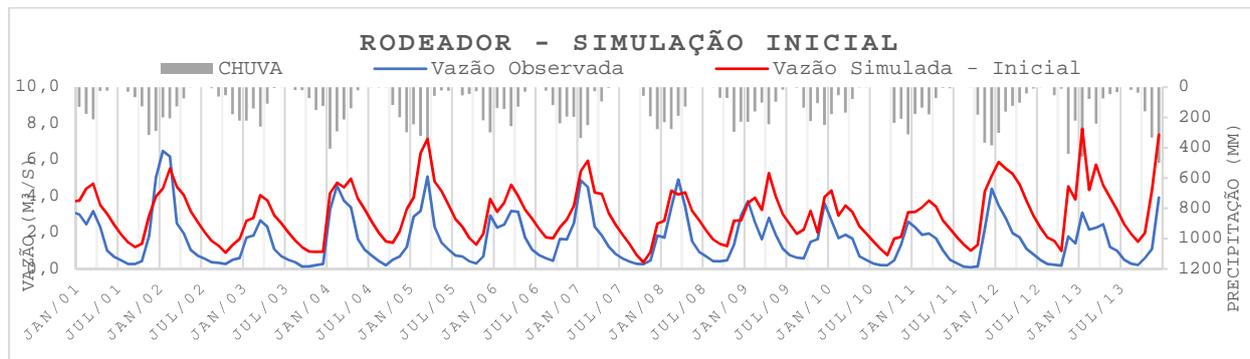


Figura 74 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do Ribeirão Rodeador e coeficientes de eficiência. Simulação inicial, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial
NSE	-0.52
NSElog	-0.02
NSEiq	0.07
ErroMédio	193.00
ErroMax	1022.20
R <sup>2</sup>	0.67

Observa-se comportamento semelhante ao que foi identificado na sub-bacia do rio Descoberto. Porém por observar vazões mais baixas no período de estiagem, por se tratar de uma bacia com uso de solo predominantemente agrícola o NSE e NSElog apresentaram valores inferiores. O erro médio também foi bastante superior. Isso ressalta a suposição de que a retirada da água nas bacias é de extrema importância para a modelagem.

No gráfico da Figura 75 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do Ribeirão das Pedras e os respectivos coeficientes de eficiência da simulação com os valores de parâmetros iniciais e sem retiradas de água do sistema.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

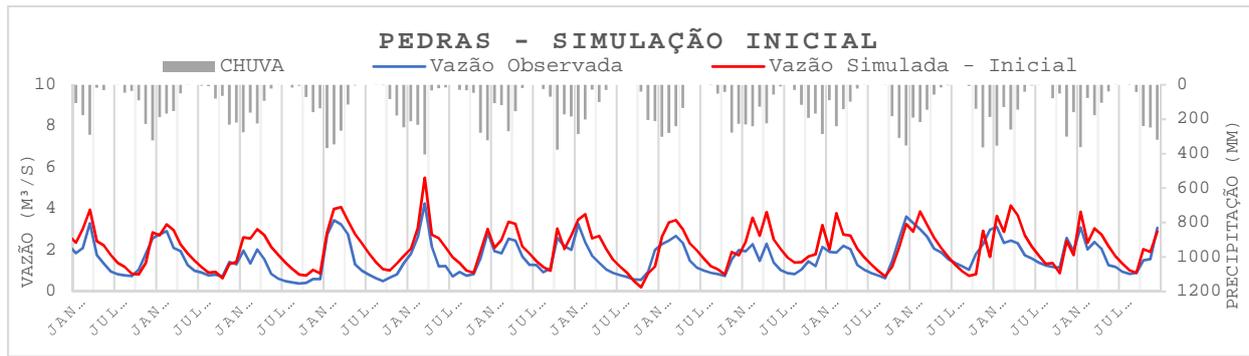


Figura 75 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do Ribeirão das Pedras e coeficientes de eficiência. Simulação inicial, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial
NSE	0.27
NSElog	0.42
NSEiq	0.18
ErroMédio	42.71
ErroMax	189.84
R <sup>2</sup>	0.72

Semelhante ao que vem sendo observado, é possível destacar que o modelo concorda com o comportamento básico hidrológico dos períodos de chuva e de estiagem, porém, é observada a defasagem no processo de descarga do aquífero, ou seja, no período de recessão do hidrograma e a quantidade de água disponível é superestimada durante o período de estiagem. A ascensão do hidrograma, ou seja, a recuperação da bacia após o período de estiagem, não é tão bem representada e apresenta um atraso representado pela distância entre ambos hidrogramas. Os picos durante o período de chuva não são tão superestimados quanto vinha sendo destacados e por isso o erro relativo calculado foi mais baixo que as outras sub-bacias até então avaliadas.

O R<sup>2</sup> foi de 0,72 indica um bom acompanhamento do comportamento de ascensão e recessão do hidrograma e o NSE de 0,27, já sugere que o modelo vem representando satisfatoriamente o sistema, porém ainda não responde adequadamente às vazões observadas. O NSElog também destaca a melhor representação das vazões mais altas, juntamente com as vazões mais baixas, mesmo havendo as discrepâncias citadas.

Na Figura 76 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do córrego Capão Comprido seguido dos valores dos coeficientes de eficiência.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

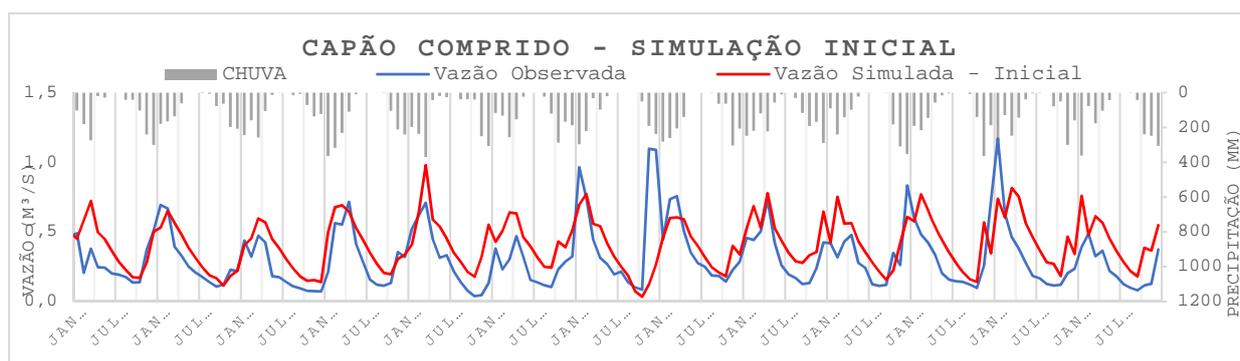


Figura 76 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do Córrego Capão Comprido e coeficientes de eficiência. Simulação inicial, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial
NSE	0.12
NSElog	0.23
NSEiq	0.15
ErroMédio	72.04
ErroMax	595.65
R <sup>2</sup>	0.39

O comportamento continua sendo bem representado pelo modelo ao longo da série avaliada. Porém o R<sup>2</sup> reduziu em relação as sub-bacias até então avaliadas. O NSE e NSElog indicam que o modelo já simula a vazão de maneira razoável. Porém, se vê a necessidade da consideração dos dados de retirada de água, além da calibração como um ajuste fino dessa modelagem.

Salienta-se, que resultados positivos de NSE em uma simulação inicial são difíceis de acontecer quando se trata de um modelo complexo como o SWAT.

No gráfico da Figura 77 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do Córrego Chpadinha e os respectivos coeficientes de eficiência da simulação com os valores de parâmetros iniciais e sem retiradas de água do sistema.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

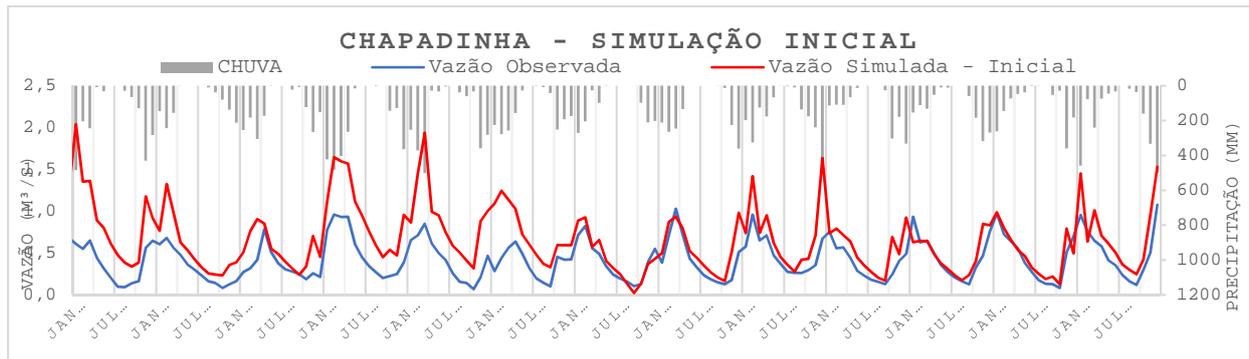


Figura 77 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do Córrego Chapadinha e coeficientes de eficiência. Simulação inicial, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial
NSE	-1.03
NSElog	0.16
NSEiq	-0.63
ErroMédio	74.85
ErroMax	390.38
R <sup>2</sup>	0.60

A sub-bacia do córrego Chapadinha é caracterizada pelo uso urbano de alta/média densidade. É nesta bacia que a cidade satélite de Brazlândia está inserida. Por isso, os resultados expressivos quanto ao escoamento superficial ficam evidentes, comparativamente às demais bacias. Essa superestimativa pode se dar devido a que o modelo não considera redes de drenagem urbana, ou seja, galerias de águas pluviais, e simula toda a água excedente como escoamento superficial.

Esses erros expressivos na vazão durante a época de chuva refletem nos índices computados. O NSE negativo de -1,03 corrobora com os erros nas vazões altas. Com o NSElog de 0,16 é possível verificar que os maiores erros estão ocorrendo, realmente, nos períodos críticos da época de chuva. O comportamento do hidrograma vem sendo bem representado e o R<sup>2</sup> foi de 0,6.

Destaca-se ainda que o modelo erra mais até o ano de 2007, após a modelagem se adequa mais aos valores observados. É necessário verificar se houve alguma mudança na estrutura da bacia nesse período, quanto a obras de infraestrutura de drenagem, uso da água, etc.

Na Figura 78 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do córrego Olaria seguido dos valores dos coeficientes de eficiência.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

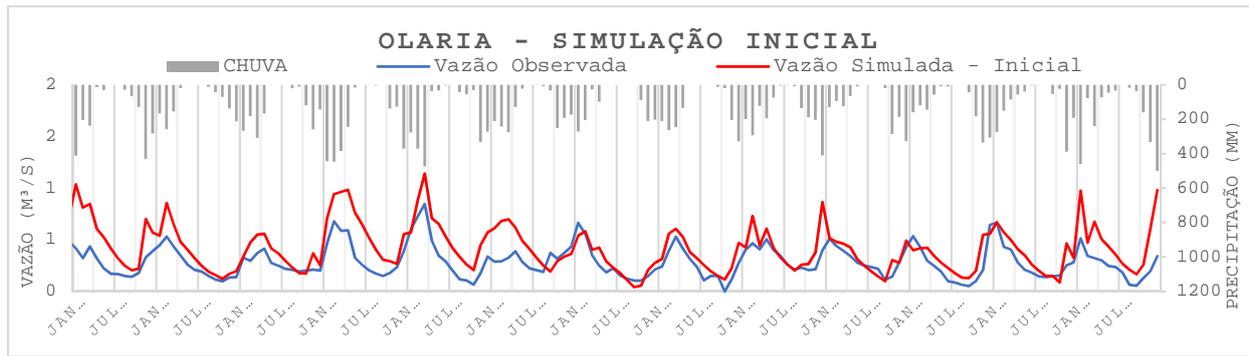


Figura 78 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do Córrego Olaria e coeficientes de eficiência. Simulação inicial, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial
NSE	-0.59
NSElog	0.22
NSEiq	0.23
ErroMédio	60.94
ErroMax	366.67
R <sup>2</sup>	0.61

Na sub-bacia do Córrego Olaria é possível destacar que o modelo também segue com o comportamento básico hidrológico dos períodos de chuva e de estiagem, porém, a defasagem no processo de descarga do aquífero, de um modo geral, é menos expressiva que nas demais bacias. A ascensão do hidrograma, ou seja, a recuperação da bacia após o período de estiagem, mostra boa representação. Porém, são poucos os anos em que os picos de vazão durante o período de chuva são bem representados. De um modo geral os valores são superestimados.

Essas observações são reafirmadas nos índices de eficiência. O R<sup>2</sup> foi de 0,61 indica um bom acompanhamento do comportamento de ascensão e recessão do hidrograma e o NSE de -0,59, já sugere que o modelo não vem representando satisfatoriamente o sistema. O NSElog também destaca a melhor a falhas na representação das vazões mais altas, relativamente às vazões mais baixas.

Na Figura 76 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do córrego Capão Comprido seguido dos valores dos coeficientes de eficiência.

O modelo foi aplicado também para as bacias que não apresentam monitoramento de vazão diário, são elas: sub-bacia do córrego Buriti Chato; sub-bacia do córrego do Meio; sub-bacia do córrego Rocinha DF. Todos os hidrogramas simulados foram representados, respectivamente, nas Figura 79, Figura 80, Figura 81. Ressalta-se que as comparações necessárias com a vazão observada não foram realizadas devido à ausência de dados medidos em campo.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

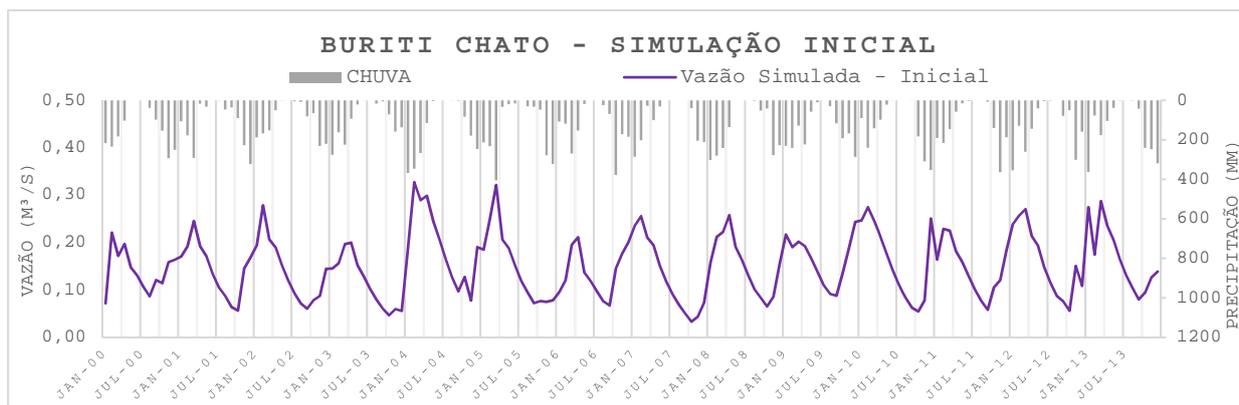


Figura 79 - Vazão simulada na sub-bacia do córrego Buriti Chato. Simulação inicial.

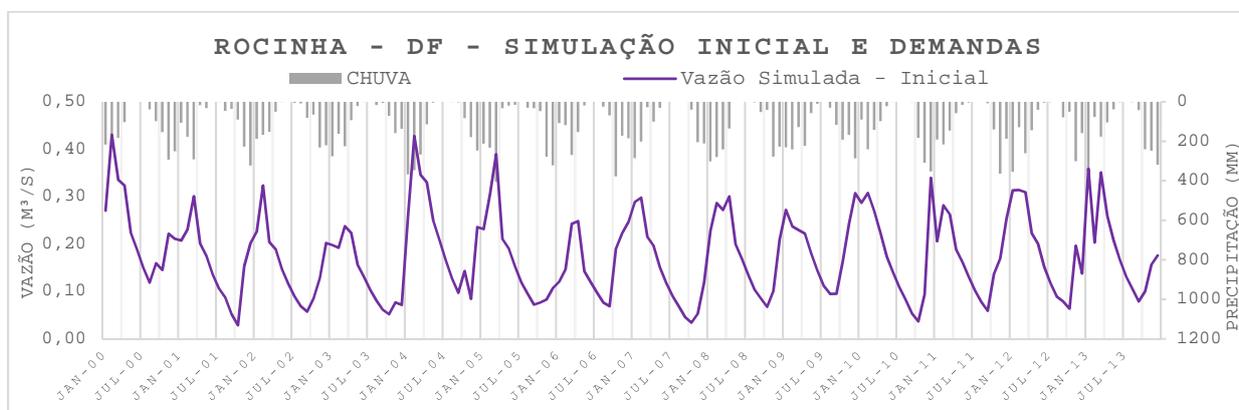


Figura 80 - Vazão simulada na sub-bacia do córrego Rocinha DF. Simulação inicial.

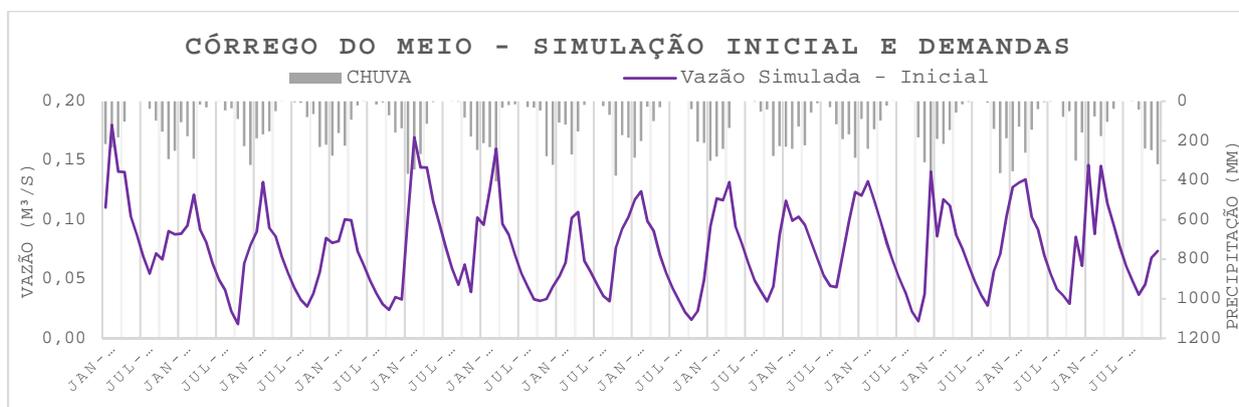


Figura 81 - Vazão simulada na sub-bacia do córrego do Meio. Simulação inicial.

## 12.2 - Hidrogramas com uso da água correspondente às outorgas

De maneira semelhante, as análises comparativas dos hidrogramas observado e simulado pelo modelo SWAT foram realizadas após inserir os dados de outorgas.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Parâmetros do Modelo SWAT os usos de água são adicionados como uma remoção de água superficialmente quando a retirada é feita diretamente dos rios, ou subterraneamente, quando a retirada é feita do aquífero raso ou do aquífero profundo,

Os volumes outorgados por sub-bacias mensalmente e adicionados como entrada no modelo de uso de água são apresentados nos gráficos das Figura 82, Figura 83, Figura 84, Figura 85, Figura 86 e Figura 87.

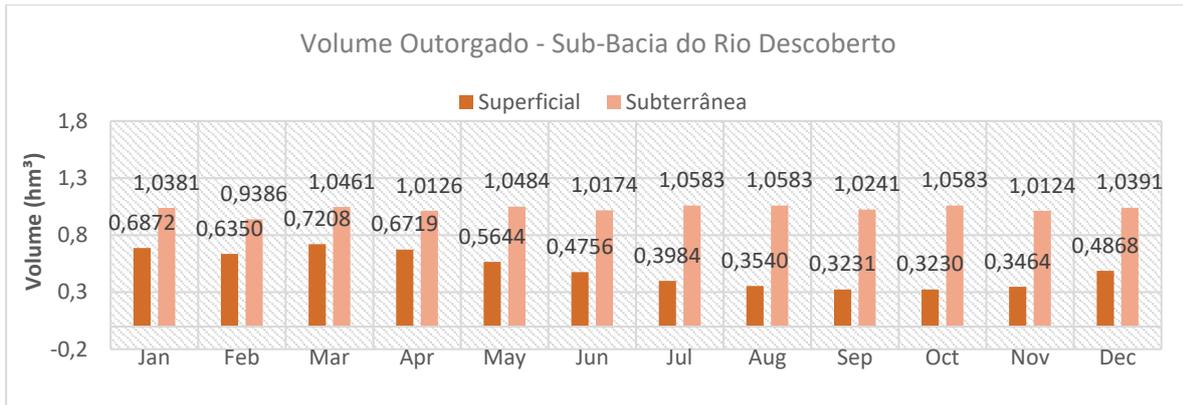


Figura 82 - Volume outorgado (hm³) por mês na sub-bacia do Rio Descoberto.

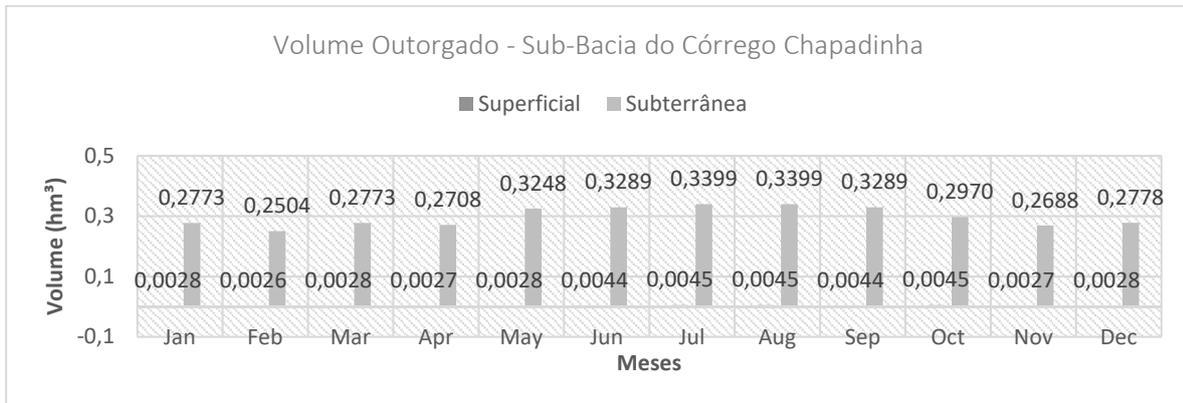
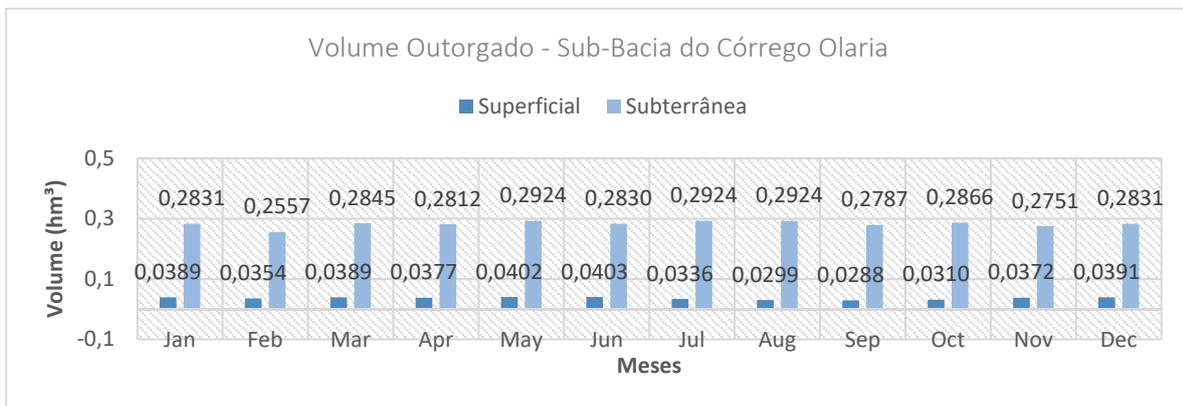


Figura 83 - Volume outorgado (hm³) por mês na sub-bacia do córrego Chapadinha.



**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Figura 84 - Volume outorgado (hm<sup>3</sup>) por mês na sub-bacia do Córrego Olaria.

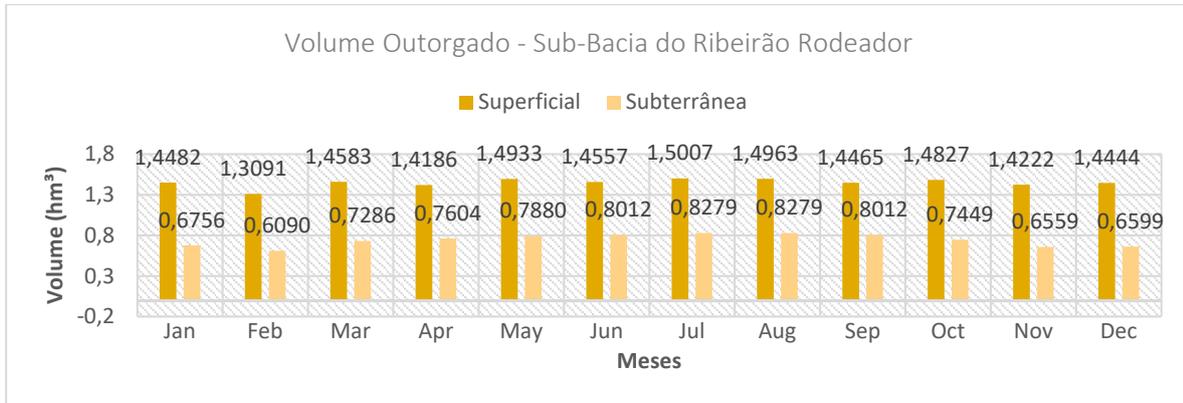


Figura 85 - Volume outorgado (hm<sup>3</sup>) por mês na sub-bacia do Ribeirão Rodeador.

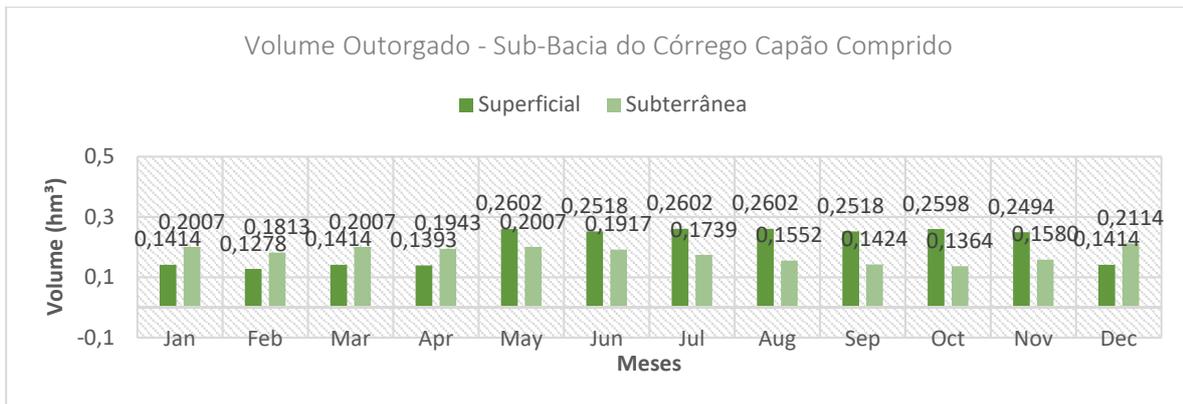


Figura 86 - Volume outorgado (hm<sup>3</sup>) por mês na sub-bacia do Córrego Capão Comprido.

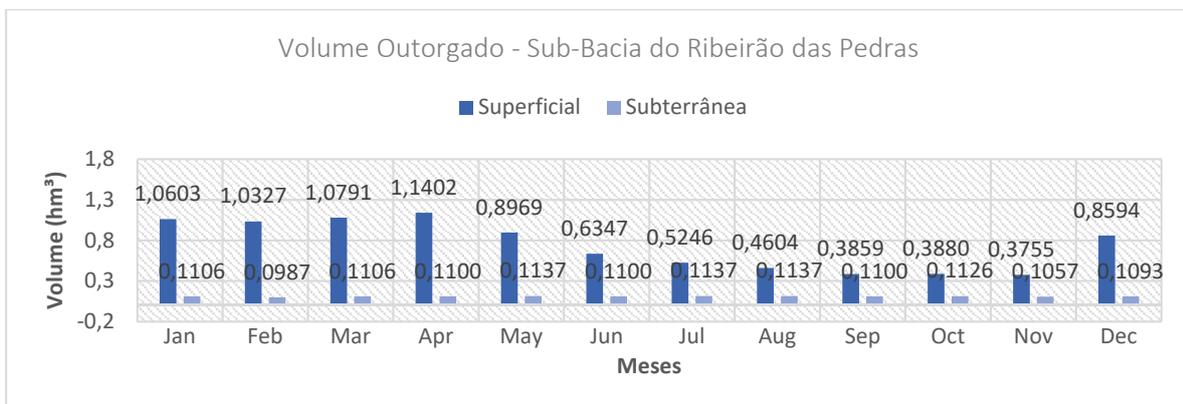


Figura 87 - Volume outorgado (hm<sup>3</sup>) por mês na sub-bacia do Ribeirão das Pedras.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

O gráfico da Figura 88 apresenta a vazão observada *versus* a vazão simulada na sub-bacia do Rio Descoberto e coeficientes de eficiência nessa simulação inicial, utilizando os dados de outorgas na bacia como dados de uso da água.

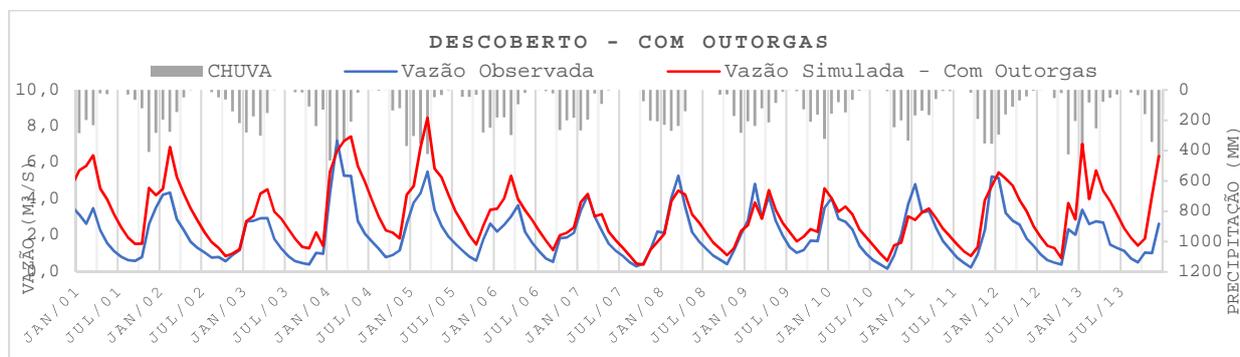


Figura 88 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do Rio Descoberto e coeficientes de eficiência. Simulação inicial com uso de água igual as outorgas, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas
NSE	-0.32	0.14
NSElog	0.24	0.31
NSEiq	0.30	0.27
ErroMédio	88.61	80.74
ErroMax	371.66	403.38
R <sup>2</sup>	0.69	0.62

Graficamente e numericamente é possível observar que a simulação apresentou melhorias significativas quando utilizado dados de retirada de água superficial e subterrâneo o sistema.

Nota-se a aderência da vazão simulada à vazão observada tanto na ascensão quanto na recessão do hidrograma. O final do período de seca foi simulado de forma adequada. Os picos de vazão durante os períodos de chuva, na maioria dos meses, foram subestimados, ou seja, a vazão simulada foi inferior a vazão observada. Esse resultado pode ser explicado devido ao fato que na época de chuva a água utilizada para irrigação é bem menor, e possivelmente não atinge a permissão para o uso.

Os coeficientes de eficiência mostram a melhoria da simulação, apresentando resultados superiores e que favorecem a qualificação da modelagem. O NSE de 0,65 e NSElog de 0,76 caracterizam o modelo como bom para simulações mensais. Segundo Moriasi et al. (2007), para a simulação mensal, valores de NSE acima de 0,5 são considerados satisfatórios, acima de 0,65 bons, e superiores a 0,75 muito bons.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Outro resultado importante foi a diminuição do erro, a adição da retirada de água, melhorou de 88,6% para 26,45%, uma redução de 62,15%, ou seja, uma melhora de 70,14% no erro relativo.

Mesmo com essa melhora expressiva, vale ressaltar que os usos de água igual às outorgas são diferentes dos usos de água reais, por isso, o estudo da modelagem com as demandas de água calculadas pelo uso do solo (irrigação e abastecimento) se faz de extrema importância e necessidade e vem no próximo passo.

Na Figura 91 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do Ribeirão Rodeador seguido dos valores dos coeficientes de eficiência.

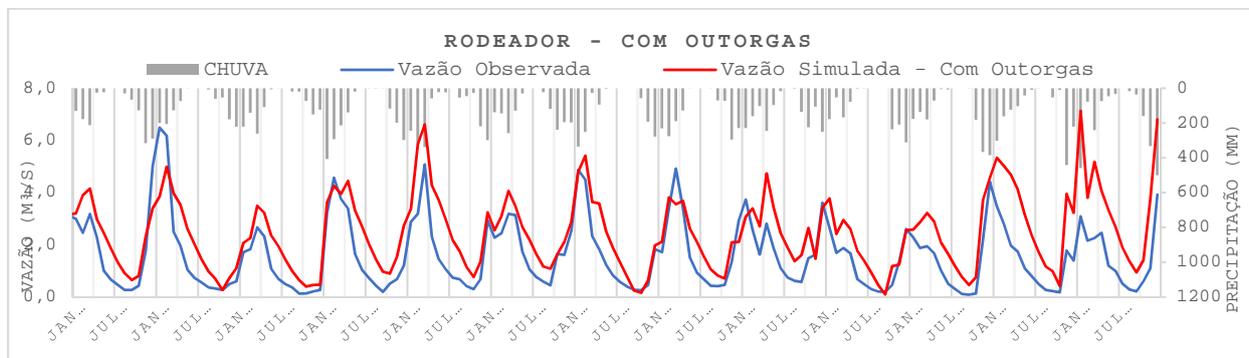


Figura 89 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do Ribeirão Rodeador e coeficientes de eficiência. Simulação inicial com uso de água igual as outorgas, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas
NSE	-0.52	0.19
NSElog	-0.02	0.46
NSEiq	0.07	0.30
ErroMédio	193.00	110.77
ErroMax	1022.20	545.58
R <sup>2</sup>	0.67	0.67

Semelhante à bacia do rio Descoberto, a sub-bacia do Ribeirão Rodeador apresentou resultados gráficos e estatísticos superiores com a inserção do uso da água superficial e subterrâneo.

A aderência da vazão simulada à vazão observada tanto na ascensão quanto na recessão do hidrograma é evidente. Os momentos ao final do período de seca, na maioria dos anos, foram subestimados pelo modelo, e em alguns pontos a vazão simulada alcançou a vazão zero. Os picos de vazão durante os períodos de chuva, na maioria dos anos analisados, foram subestimados. O único momento em que a vazão simulada foi superestimada foi no período de chuva do ano de

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

2013. A subestimativa dos picos pode ser explicada devido ao fato que na época de chuva a água utilizada para irrigação é bem menor, e possivelmente não atinge os valores outorgados.

Os coeficientes de eficiência foram evidentes na melhoria, favorecendo a qualificação da modelagem. Quando alcançado um NSE de 0,69, segundo Moriasi et al. (2007), a modelagem pode ser considerada como boa. Não foi possível calcular o NSElog, pois quando simuladas vazões iguais a zero, o cálculo é impossível de ser executado, pois log de zero é inexistente.

O erro relativo apresentou melhoras significativas, de 193% em média para 38,23%, uma redução de 154,77 pontos percentuais.

Na Figura 90 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do Ribeirão das Pedras seguido dos valores dos coeficientes de eficiência.

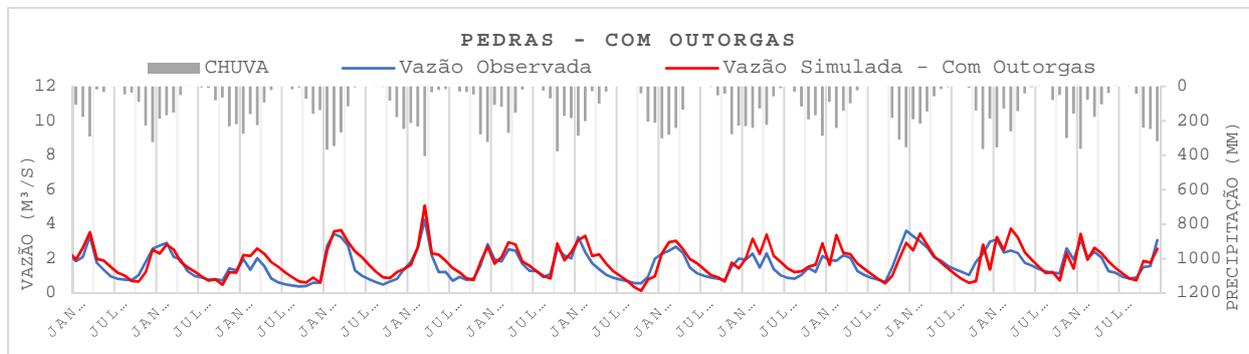


Figura 90 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do Ribeirão das Pedras e coeficientes de eficiência. Simulação inicial com uso de água igual as outorgas, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas
NSE	0.27	0.62
NSElog	0.42	0.58
NSEiq	0.18	-0.28
ErroMédio	42.71	29.48
ErroMax	189.84	150.00
R <sup>2</sup>	0.72	0.72

Graficamente a simulação sofreu uma alteração fortemente positiva. Na modelagem sem retiradas de água do sistema foi observada uma defasagem no processo de descarga do aquífero, ou seja, no período de recessão do hidrograma e a quantidade de água disponível foi superestimada durante o período de estiagem. Esse problema, ainda não foi completamente resolvido, como nas demais bacias analisadas até então, mais foi claramente minimizado. A ascensão do hidrograma, ou seja, a recuperação da bacia após o período de estiagem, na primeira simulação também não foi bem representada e apresentou um atraso significativo. Utilizando os usos de água esse problema foi visivelmente reduzido. Os picos durante o período de chuva

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

também não foram superestimados de tal maneira que vinham sendo destacados nas demais sub-bacias analisadas.

O NSE aumentou de 0,27 para 0,68, passando, de acordo com Moriasi et al. (2007), a modelagem passou de insatisfatória para boa. O erro relativo diminuiu de 42,7% para 29,94%, 12,76%. Relativamente esse valor chega a aproximadamente 30% de melhora na simulação.

O gráfico da Figura 91 apresenta a vazão observada *versus* a vazão simulada na sub-bacia do córrego Capão Comprido e coeficientes de eficiência nessa simulação inicial, utilizando os dados de outorgas na bacia como dados de uso da água.

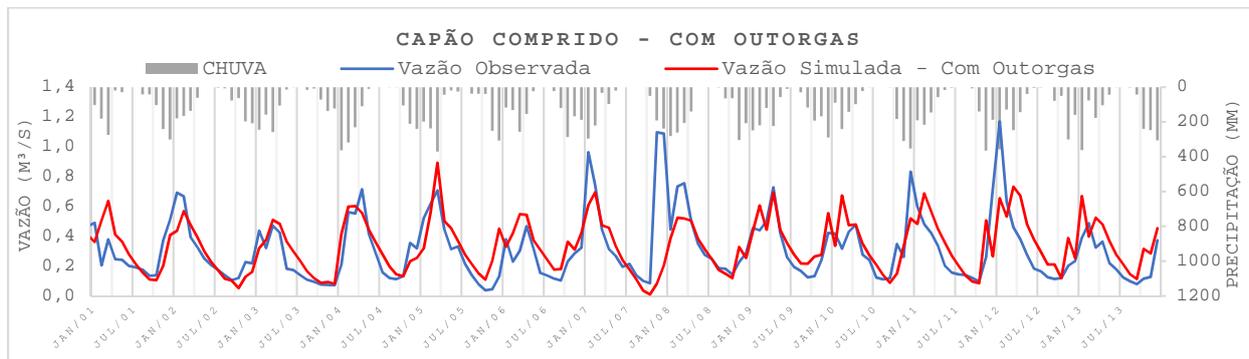


Figura 91 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do Capão Comprido e coeficientes de eficiência. Simulação inicial com uso de água igual as outorgas, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas
NSE	0.12	0.35
NSElog	0.23	0.43
NSEiq	0.15	-2.26
ErroMédio	72.04	45.21
ErroMax	595.65	412.83
R <sup>2</sup>	0.39	0.40

Na sub-bacia do Córrego Capão Comprido o modelo não apresentou resultados satisfatório, graficamente e estatisticamente, utilizando os dados de outorga. Os resultados foram superiores quando não utilizado a retirada de água, porém não se alcançou aderência adequada.

O modelo subestima as vazões de pico em todos os anos durante o período de chuva e subestima as vazões baixas, principalmente, ao final dos períodos de seca.

O erro relativo teve uma redução expressiva de 70,04% para 32,79% mais de 50% de redução relativa. O NSE ainda é considerado insatisfatório para a modelagem.

O gráfico da Figura 94 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a vazão observada *versus* a vazão simulada na sub-bacia do córrego Chapadinha e coeficientes de

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

eficiência nessa simulação inicial, utilizando os dados de outorgas na bacia como dados de uso da água.

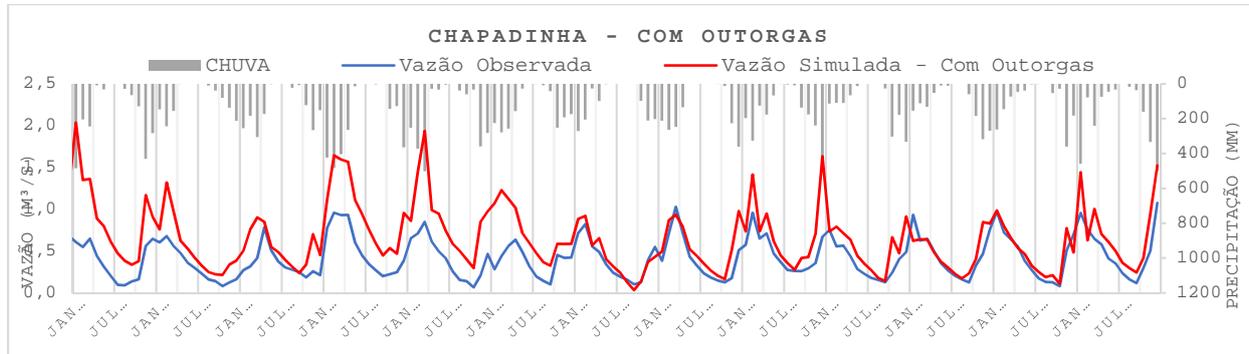


Figura 92 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do córrego Chapadinha e coeficientes de eficiência. Simulação inicial com uso de água igual as outorgas, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas
NSE	-1.03	-0.99
NSElog	0.16	0.20
NSEiq	-0.63	0.08
ErroMédio	74.85	73.12
ErroMax	390.38	389.35
R <sup>2</sup>	0.60	0.60

O hidrograma nos períodos de chuva na bacia do córrego chapadinha é, em grande parte, superestimado pela simulação. Isso ocorre devido a prevalência do escoamento superficial nessa bacia devido a taxa de urbanização e impermeabilização do solo.

Nas épocas de chuva as vazões têm um comportamento oposto ao longo da série analisada. Até o ano de 2007 as vazões baixas durante os períodos de seca são superestimadas. O contrário ocorre de 2007 a diante, onde as vazões baixas são subestimadas pelo modelo e no final do período de seca, um período crítico para a gestão, o modelo não responde adequadamente.

O NSE, mesmo com a inserção de retirada de água, continua negativo, qualificando a modelagem como insatisfatória.

Essas observações são importantes para destacar as diferenças de cada sub-bacia estudada. Tanto na realidade quanto na simulação os comportamentos a uma mudança são diferentes e isso deve implicar nas ações de gestão e tomada de decisão de maneira diferente nas sub-bacias.

O gráfico da Figura 93 apresenta a vazão observada *versus* a vazão simulada na sub-bacia do córrego Olaria e coeficientes de eficiência nessa simulação inicial, utilizando os dados de outorgas na bacia como dados de uso da água.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

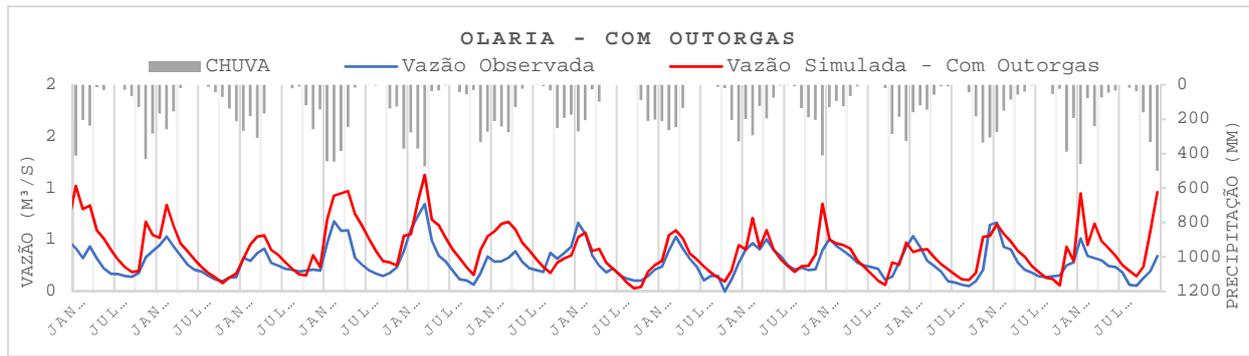


Figura 93 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do córrego Olaria e coeficientes de eficiência. Simulação inicial com uso de água igual as outorgas, sem calibração.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas
NSE	-0.59	-0.41
NSElog	0.22	0.28
NSEiq	0.23	0.10
ErroMédio	60.94	55.02
ErroMax	366.67	292.76
R <sup>2</sup>	0.61	0.61

A bacia do córrego Olaria é outro exemplo dessa distinção nas respostas do sistema hídrico. Nessa segunda etapa de avaliação é possível diferenciar dois momentos nesta bacia também, o primeiro de 2000 a 2007 e o outro de 2007 a 2013. O que estava sendo representado de uma maneira mais satisfatório na primeira avaliação, sem usos de água, nessa segunda avaliação apresenta resultados gráficos insatisfatórios. A simulação a partir de 2007 se mostra ineficiente ao representar o hidrograma observado em todos os anos, tanto as vazões altas, quanto as vazões baixas.

Uma razão para essa distinção de períodos pode ser a mudança de curva-chave para a transformação dos dados de cota em dados de vazão.

Independente disso é possível verificar que o uso da água interferiu nos resultados decorrendo valores de índices superiores comparativamente à primeira simulação inicial sem consideração de retirada de água na modelagem.

O NSE passou de -0,59 para 0,21. E analisando graficamente esse aumento de NSE é justificado pela diminuição das vazões altas. Tanto que o NSElog passou de 0,22 para -0,41, o que indica que as vazões mais baixas estão sendo simuladas inapropriadamente.

Essa análise é feita com intuito de ressaltar o quanto é relevante analisar quantitativamente o modelo por diferentes métodos de avaliação de desempenho. Pois a melhora no NSE não indica a melhora na modelagem, sendo os períodos de seca críticos para a gestão e tomadas de decisão

## PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

nessas bacias. A análise foi feita apenas para as sub-bacias que apresentam dados de vazão observada e outorgas.

### 12.3 - Hidrogramas com uso da água correspondente às demandas

Como os dados de outorgas não são os dados reais de uso de água na bacia, optou-se por refazer as simulações utilizando os dados de retirada de água correspondente às demandas estimadas com base nas áreas de uso e ocupação do solo.

Na Figura 94 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do Rio Descoberto para as simulações utilizando o uso da água correspondente às demandas estimadas. E no quadro da Tabela 43 são apresentados os valores dos coeficientes de eficiência computados para as análises feita quanto à simulação inicial, com uso de água correspondente às outorgas e com o uso de água correspondentes às demandas estimadas.

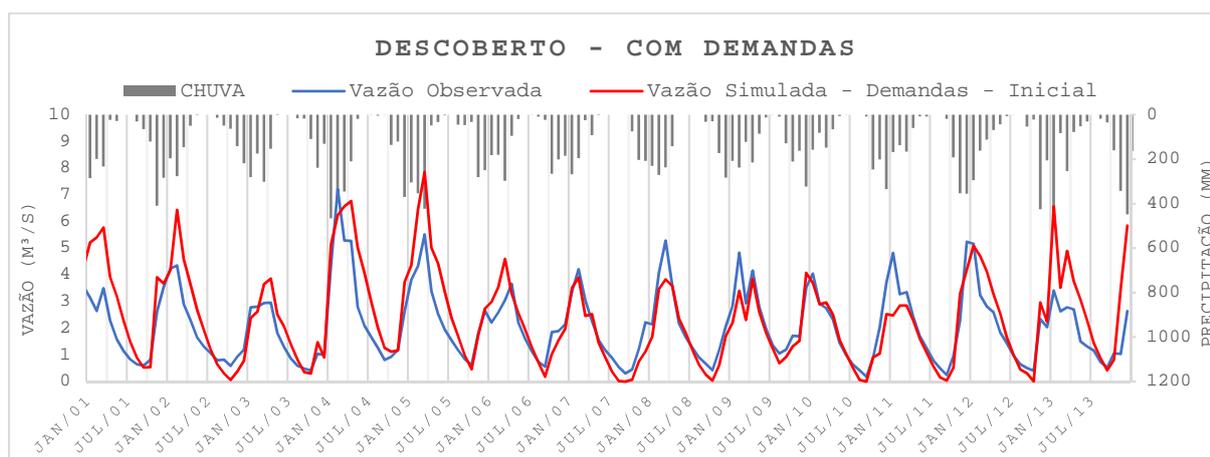


Figura 94 - Vazão observada versus vazão simulada na sub-bacia do Rio Descoberto. Simulação inicial, sem calibração, com uso de água correspondente às demandas estimadas.

Tabela 43 - Coeficientes de eficiência calculados para as simulações na bacia do Rio Descoberto.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas	Desempenho - Com Demandas
NSE	-0.32	0.14	0.61
NSElog	0.24	0.31	-0.01
NSEiq	0.30	0.27	-Inf
ErroMédio	88.61	80.74	35.28
ErroMax	371.66	403.38	164.88
R <sup>2</sup>	0.69	0.62	0.69

Na sub-bacia do Rio Descoberto é possível observar melhorias expressivas na simulação utilizando os dados estimados de demanda como uso da água.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Nota-se melhorias na aderência da vazão simulada à vazão observada tanto na ascensão quanto na recessão do hidrograma. O final do período de seca foi simulado de forma adequada em alguns anos, porém não correspondeu à vazão observada na maioria dos casos.

Os coeficientes de eficiência mostram a melhoria da simulação, apresentando resultados superiores e que favorecem a qualificação da modelagem. O NSE de 0,61 caracteriza o modelo como bom para simulações mensais. Os valores de NSElog e NSEiq não puderam ser calculados devido ao fato que foram simulados dados nulos de vazão, não permitindo o cálculo eficiente desses índices.

Outro resultado importante foi a diminuição do erro, a adição da retirada de água, melhorou de 88,6% para 35,28%.

Na Figura 95 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do Ribeirão Rodeador seguido dos valores dos coeficientes de eficiência. Na Tabela 44 são apresentados os valores computados referentes aos coeficientes de eficiência.

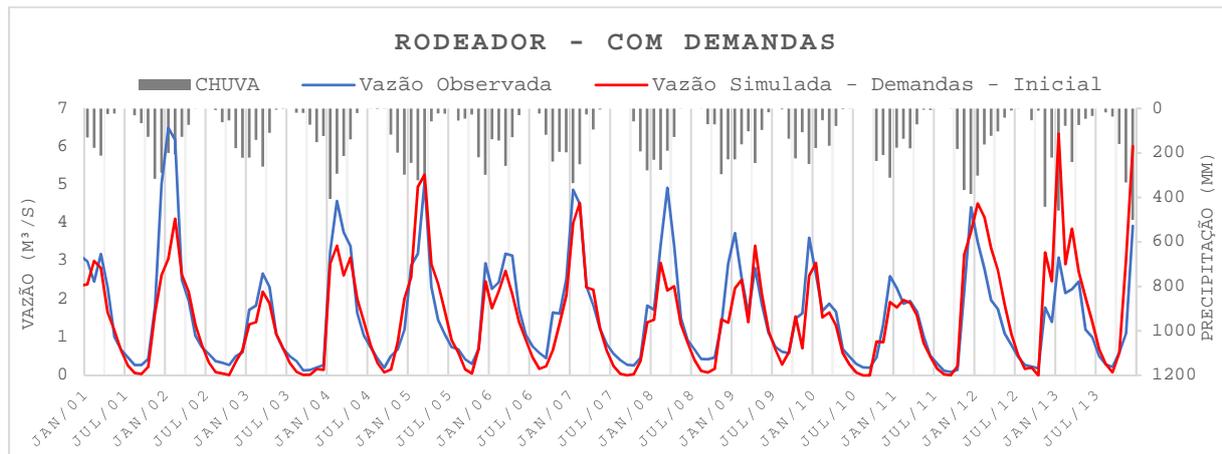


Figura 95 - Vazão observada *versus* vazão simulada na sub-bacia do Ribeirão Rodeador. Simulação inicial, sem calibração, com uso de água correspondente às demandas estimadas.

Tabela 44 - Coeficientes de eficiência calculados para as simulações na bacia do Ribeirão Rodeador.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas	Desempenho - Com Demandas
NSE	-0.52	0.19	0.68
NSElog	-0.02	0.46	-Inf
NSEiq	0.07	0.30	-Inf
ErroMédio	193.00	110.77	37.79
ErroMax	1022.20	545.58	177.27
R <sup>2</sup>	0.67	0.67	0.71

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Semelhante à bacia do rio Descoberto, a sub-bacia do Ribeirão Rodeador apresentou resultados gráficos e estatísticos superiores com a inserção do uso da água superficial e subterrâneo.

A aderência da vazão simulada à vazão observada tanto na ascensão quanto na recessão do hidrograma é evidente. Os momentos ao final do período de seca, na maioria dos anos, foram subestimados pelo modelo, e em alguns pontos a vazão simulada alcançou a valores nulos. Os picos de vazão durante os períodos de chuva foram subestimados na maioria dos anos simulados.

Os coeficientes de eficiência foram evidentes na melhoria, favorecendo a qualificação da modelagem. Quando alcançado um NSE de 0,68 a modelagem pode ser considerada como boa. Não foi possível calcular o NSElog, pois quando simuladas vazões iguais a zero, o cálculo é impossível de ser executado, pois log de zero é inexistente.

O erro relativo apresentou melhoras significativas, de 193% em média para 37,79%.

Na Figura 96 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do Ribeirão das Pedras. Na Tabela 45 são apresentados os coeficientes de eficiência.

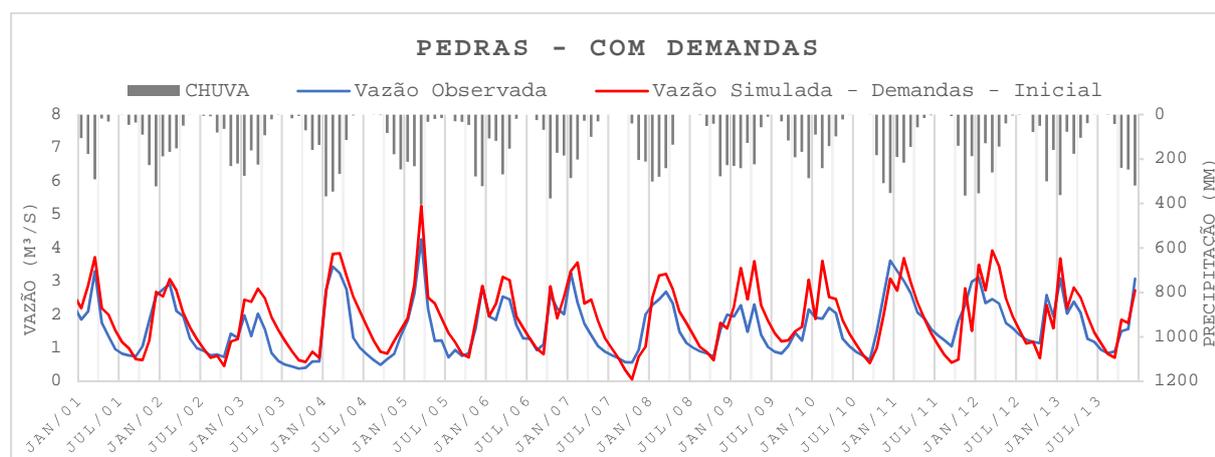


Figura 96 - Vazão observada versus vazão simulada na sub-bacia do Ribeirão das Pedras. Simulação inicial, sem calibração, com uso de água correspondente às demandas estimadas.

Tabela 45 - Coeficientes de eficiência calculados para as simulações na bacia do Ribeirão das Pedras.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desemepnho - Com Outorgas	Desemepnho - Com Demandas
NSE	0.27	0.62	0.51
NSElog	0.42	0.58	0.47
NSEiq	0.18	-0.28	-5.50
ErroMédio	42.71	29.48	32.36
ErroMax	189.84	150.00	151.80
R <sup>2</sup>	0.72	0.72	0.73

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Graficamente a simulação sofreu uma alteração fortemente positiva. Na modelagem sem retiradas de água do sistema foi observada uma defasagem no processo de descarga do aquífero, ou seja, no período de recessão do hidrograma e a quantidade de água disponível foi superestimada durante o período de estiagem. Esse problema, ainda não foi completamente resolvido, mais foi claramente minimizado. A ascensão do hidrograma, ou seja, a recuperação da bacia após o período de estiagem, na primeira simulação também não foi bem representada e apresentou um atraso significativo. Utilizando os usos de água esse problema foi visivelmente reduzido. O valor computado para o NSEiq corrobora com a evidência analisada graficamente. O valor negativo de -5,5 no coeficiente de eficiência mostra que as vazões baixas não são simuladas satisfatoriamente quanto as vazões mais altas.

O NSE aumentou de 0,27 para 0,51, um valor considerado bom para a simulação hidrológica. O erro relativo diminuiu de 42,7% para 32,36%.

Na Figura 97 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do Córrego Chapadinha. Na Tabela 46 são apresentados os coeficientes de eficiência.

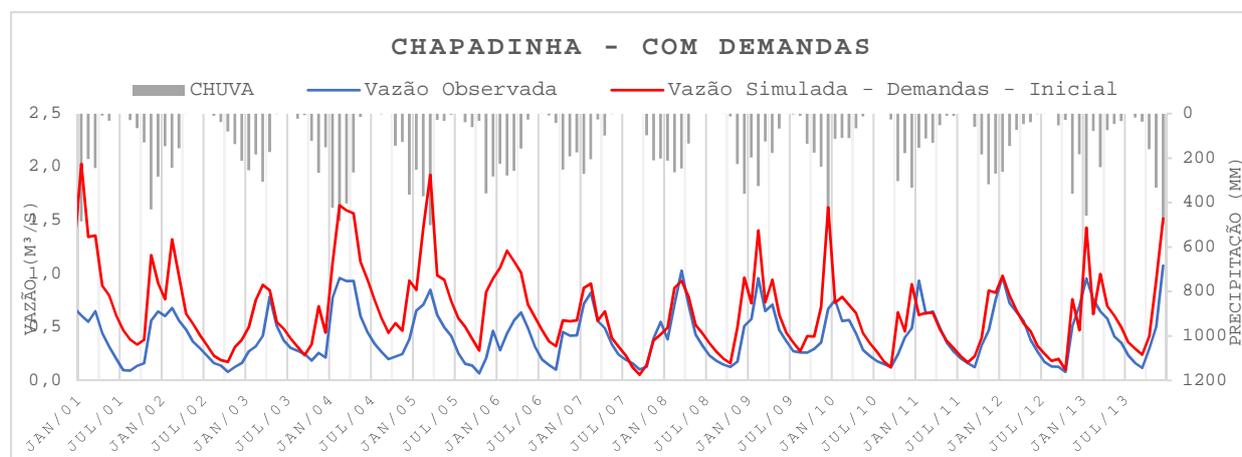


Figura 97 - Vazão observada versus vazão simulada na sub-bacia do Córrego Chapadinha. Simulação inicial, sem calibração, com uso de água correspondente às demandas estimadas.

Tabela 46 - Coeficientes de eficiência calculados para as simulações na bacia do Córrego Chapadinha.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desemepnho - Com Outorgas	Desempenho - Com Demandas
NSE	-1.03	-0.99	-0.93
NSElog	0.16	0.20	0.24
NSEiq	-0.63	0.08	0.36

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

ErroMédio	74.85	73.12	70.61
ErroMax	390.38	389.35	387.69
R <sup>2</sup>	0.60	0.60	0.61

É possível observar uma determinada dificuldade do modelo em simular as vazões, principalmente, do início da modelagem até o ano de 2006. No período posterior a esse o modelo consegue responder adequadamente ao comportamento hídrico observado. Essa dificuldade do modelo é observada também nos valores dos coeficientes de eficiência. O NSEiq de 0,36, ou seja, maior que o NSE de -0,93 evidencia a resistência do modelo em simular as vazões mais altas.

A melhora entre a modelagem inicial e a simulação utilizando as demandas não foi tão significativa possivelmente devido a que está é a bacia mais urbana e menos agrícola das bacias estudadas. A maior expressividade de melhora foi no NSEiq, mostrando que o uso da água ajustou melhor as vazões mais baixas durante os períodos de seca.

Na Figura 98 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do Córrego Olaria. Na Tabela 47 são apresentados os coeficientes de eficiência.

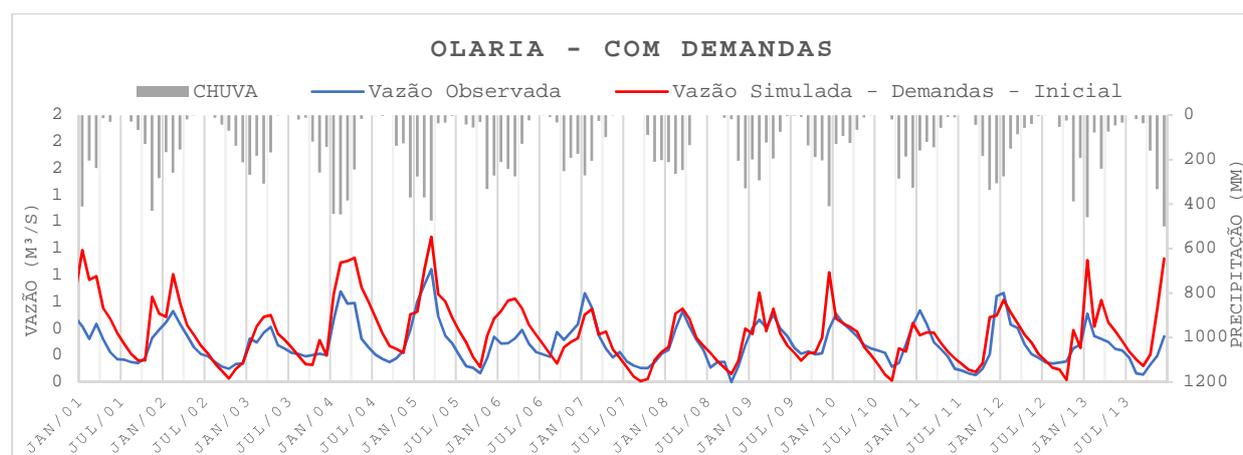


Figura 98 - Vazão observada versus vazão simulada na sub-bacia do Córrego Olaria. Simulação inicial, sem calibração, com uso de água correspondente às demandas estimadas.

Tabela 47 - Coeficientes de eficiência calculados para as simulações na bacia do Córrego Olaria.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desemepnho - Com Outorgas	Desemepnho - Com Demandas
NSE	-0.59	-0.41	-0.11
NSElog	0.22	0.28	0.04
NSEiq	0.23	0.10	-12.07
ErroMédio	60.94	55.02	45.97
ErroMax	366.67	292.76	177.43

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

R <sup>2</sup>	0.61	0.61	0.62
----------------	------	------	------

Ao inverso do que foi observado na bacia do córrego Chapadinha, as vazões mais baixas apresentaram piora na simulação utilizando o uso da água, principalmente ao observar os gráficos nas vazões ao final dos períodos de seca.

De acordo com os valores dos índices de eficiência computados as vazões mais altas foram melhores representadas pelo modelo (NSE = 0.04) do que as vazões mais baixas (NSEiq = -12,07). Porém, o ajuste dos parâmetros para melhorar a simulação da vazão total é imprescindível, sendo que o modelo não se mostrou resultados de simulação satisfatórios.

Na Figura 99 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do córrego Capão Comprido. Na Tabela 48 são apresentados os coeficientes de eficiência.

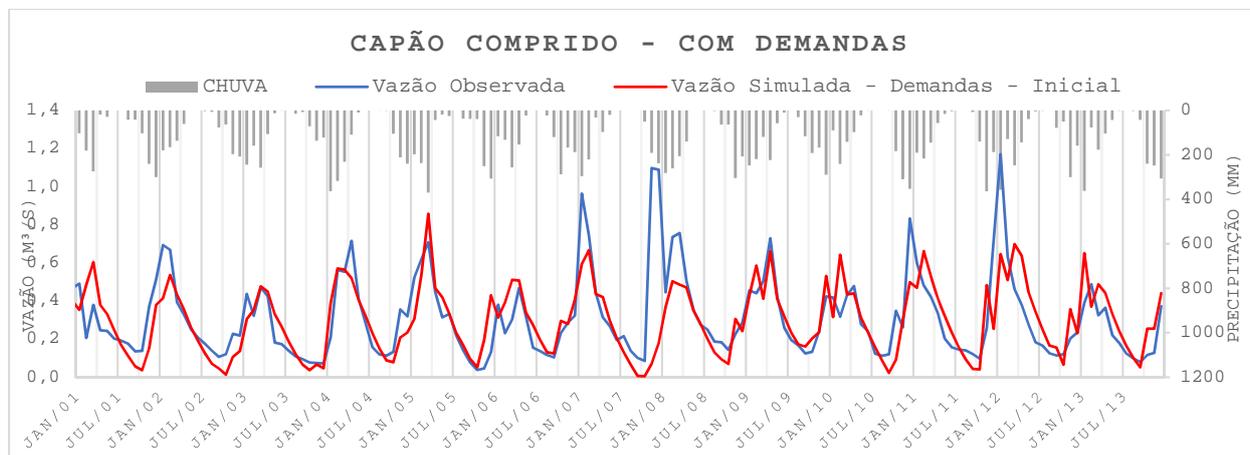


Figura 99 - Vazão observada versus vazão simulada na sub-bacia do Córrego Capão Comprido. Simulação inicial, sem calibração, com uso de água correspondente às demandas estimadas.

Tabela 48 - Coeficientes de eficiência calculados para as simulações na bacia do Córrego Capão Comprido.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas	Desempenho - Com Demandas
NSE	0.12	0.35	0.37
NSElog	0.23	0.43	0.38
NSEiq	0.15	-2.26	-6.15
ErroMédio	72.04	45.21	42.42
ErroMax	595.65	412.83	383.48
R <sup>2</sup>	0.39	0.40	0.39

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Na sub-bacia do Córrego Capão Comprido, é possível observar graficamente que o modelo apresenta dificuldades em simular a vazão de base ao final dos períodos de seca, subestimando as vazões observadas.

Essa observação é confirmada analisando os valores computados dos índices de desempenho, onde o NSE foi de 0,37 e o NSEiq foi de -6,15. Porém, observa-se uma melhora expressiva quanto a simulação inicial. Por exemplo, o desempenho quanto ao erro médio teve uma redução de 30%.

Os gráficos das Figura 97, Figura 98 e Figura 99 apresentam os hidrogramas com as vazões simuladas inicialmente e com as vazões simuladas utilizando as demandas de uso de água das sub-bacias córrego Buriti Chato, córrego Rocinha -DF e córrego do Meio, respectivamente.

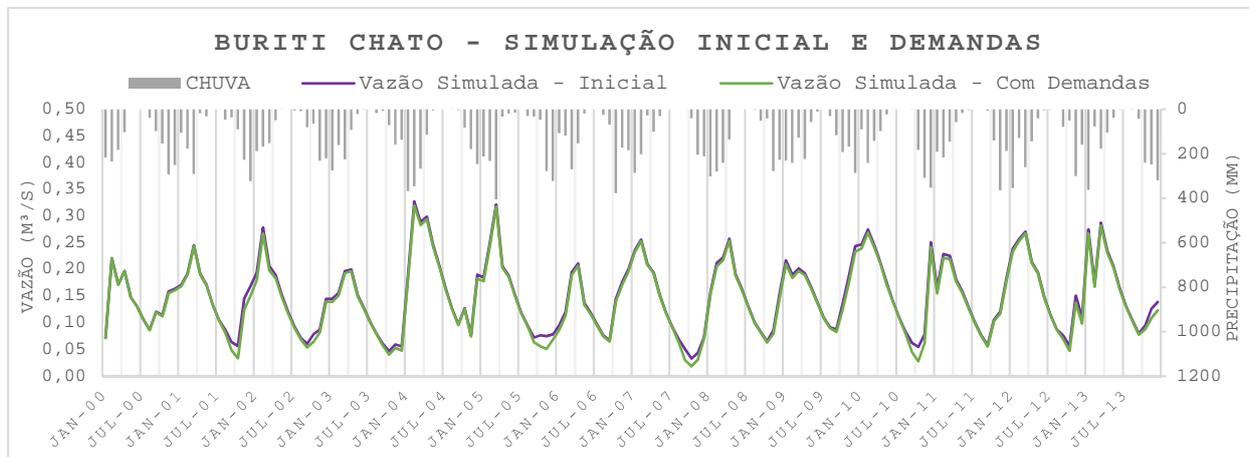
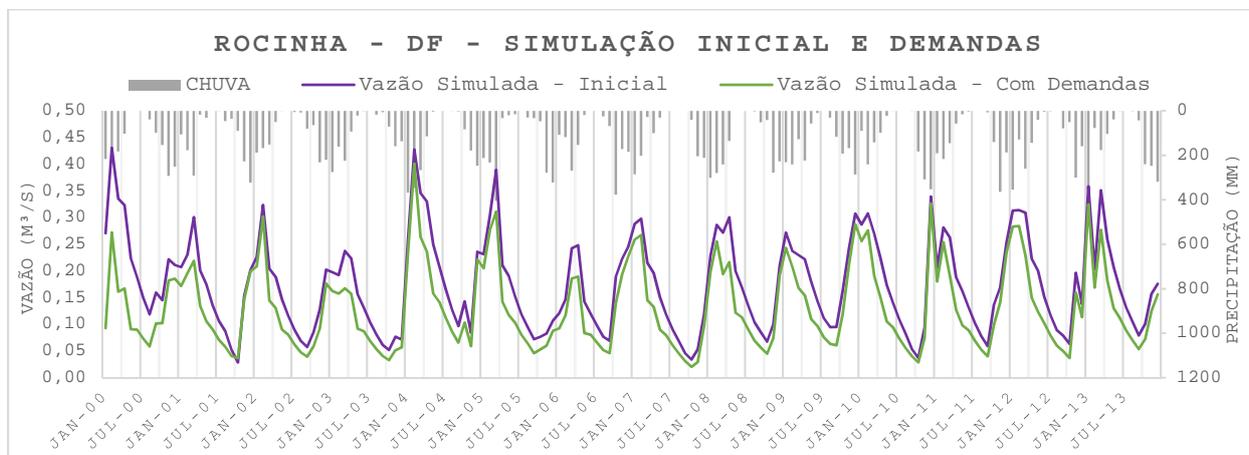


Figura 100 - Vazão inicial simulada e vazão simulada com demandas na sub-bacia do Córrego Buriti Chato. Simulação inicial, sem calibração, com uso de água correspondente às demandas estimadas.



**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Figura 101 - Vazão inicial simulada e vazão simulada com demandas na sub-bacia do Córrego Rocinha - DF. Simulação inicial, sem calibração, com uso de água correspondente às demandas estimadas.

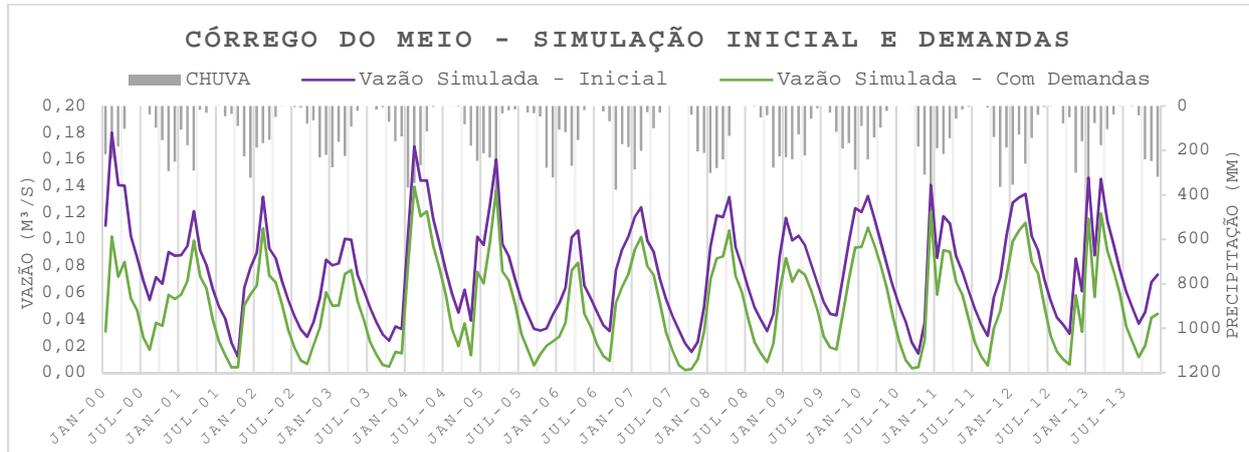


Figura 102 - Vazão inicial simulada e vazão simulada com demandas na sub-bacia do Córrego do Meio. Simulação inicial, sem calibração, com uso de água correspondente às demandas estimadas.

### 13 - ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

O primeiro passo para o processo de calibração e verificação do modelo é a determinação dos parâmetros mais sensíveis para a bacia hidrográfica em estudo, que deve ser realizada com base em opinião especializada e/ou análise de sensibilidade (Arnold et al., 2012).

Sendo assim, a seleção dos parâmetros para análise de sensibilidade e calibração foi feita a partir da avaliação da modelagem inicial, com base em diversos estudos publicados sobre a influência de cada parâmetro no ciclo hidrológico (Arnold *et al.*, (2012); van Griensven *et al.*, (2006); Pechlivanidis *et al.*, 2011), e também de acordo com os estudos já realizados em uma das sub-bacias em questão (Ferrigo 2014; Ferrigo *et al.* 2011, 2012, 2013, 2014a; b; Lima *et al.* 2012) O SWAT é extremamente sensível à qualidade dos dados de entrada referentes ao solo. Assim, a acurácia do modelo depende, em grande parte, dos parâmetros que descrevem as características relevantes da bacia hidrográfica e do quão representativos eles são (Adriolo *et al.*, 2008).

A análise de sensibilidade neste estudo buscou investigar como o modelo computacional responde a diferentes variações dos valores dos parâmetros de entrada. Essa avaliação permite identificar os parâmetros que influenciam quantitativamente e qualitativamente nos resultados buscando compreender melhor o sistema modelado.

Ainda, a hierarquização dos parâmetros sensíveis pode auxiliar em um melhor entendimento do processo em estudo, e uma melhor estimativa dos seus valores levou a uma melhor e mais rápida aproximação dos dados simulados aos dados medidos.

A análise de sensibilidade foi realizada com diversos parâmetros que o SWAT utiliza para os cálculos de estimativa de vazão diretamente ou indiretamente, permitindo identificar quais parâmetros influenciam significativamente na dinâmica hidrológica. A título de exemplificação nas Figura 103 e Figura 104 é possível observar a variação do hidrograma com a modificação nos valores dos parâmetros.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

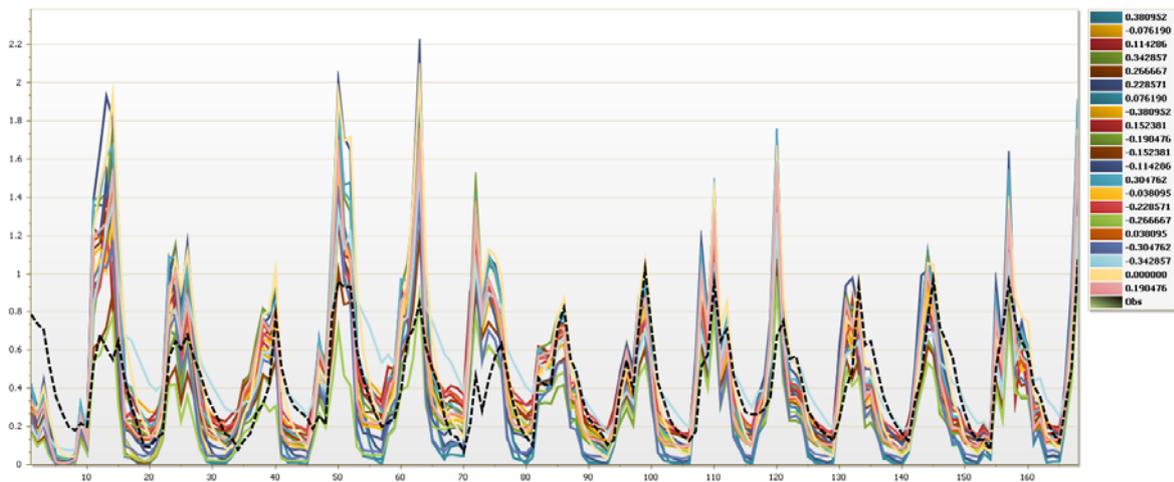


Figura 103 - Exemplo da variação do hidrograma com a modificação dos parâmetros realizada na análise de sensibilidade.

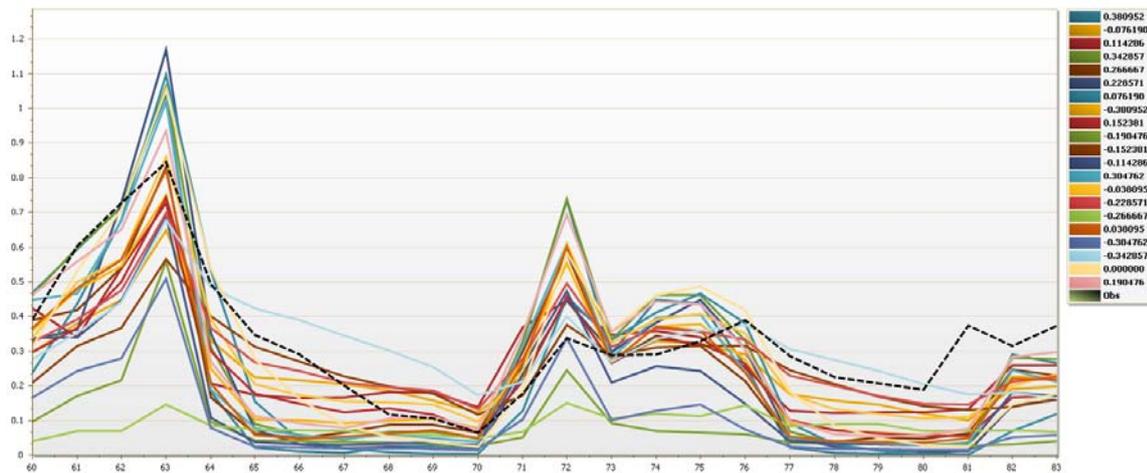


Figura 104 - Exemplo da variação do hidrograma, em dois anos de análise, com a modificação dos parâmetros realizada na análise de sensibilidade.

Existem dois tipos de parâmetros: parâmetros físicos e parâmetros de processo. Os parâmetros físicos representam as propriedades físicas da bacia hidrográfica e são usualmente mensuráveis, tais como a área da bacia, a fração impermeável, a declividade, entre outros. Os parâmetros de processo representam as características da bacia que normalmente não são medidas, tais como a profundidade média da capacidade de armazenamento de água no solo, a taxa efetiva do interfluxo lateral, o coeficiente de não-linearidade da taxa de controle da velocidade de percolação para o armazenamento de águas subterrâneas, etc. (Sorooshian & Gupta, 1995).

Existem, porém, alguns parâmetros físicos, como a condutividade hidráulica e a porosidade, que são mensuráveis em teoria, mas de difícil medição na prática (Pechlivanidis *et*

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

*al.*, 2011), e por isso tendem a ser calibrados. Além disso, os valores eventualmente medidos podem não ser representativos na escala da modelagem.

Segundo Arnold *et al.* (2012a), o usuário deve determinar quais parâmetros ajustar com base em opinião especializada e/ou na análise de sensibilidade.

A escolha dos parâmetros foi feita com base, principalmente, em estudos e experiências anteriores na bacia, que fundamentaram o conhecimento do comportamento hidrológico e da modelagem na área de estudo.

Arnold *et al.* (2012b) reunindo 64 estudos de maior representatividade mundial com o SWAT, indicaram os parâmetros mais utilizados no processo de calibração. Em relação ao escoamento superficial são: CN2, SOL\_AWC, ESCO, SURLAG, EPCO e OV\_N; e em relação ao fluxo de base são: ALPHA\_BF, GW\_DELAY, GW\_REVAP, RCHARG\_DP, GWQMN e o REVAPMN. Ambos os grupos de parâmetros são aqui apresentados em ordem decrescente de importância e frequência nos processos de calibração analisados.

Adicionais aos parâmetros indicados por Arnold *et al.* (2012b) foram selecionados 8 parâmetros determinados como relevantes para a diminuição dos erros na modelagem, de forma a resultar em uma melhoria na proximidade dos valores simulados em relação aos valores observados de vazão. A delimitação dos intervalos foi determinada de acordo com a avaliação da variação fisicamente possível de cada parâmetro, quando disponível e retratado na literatura. Os parâmetros utilizados na análise e sua respectiva função são apresentados na Tabela 49.

Tabela 49 - Características dos parâmetros utilizados na Análise de Sensibilidade da Sub-bacia do Rio Descoberto (SBRD).

Parâmetro	Descrição	Unidade	Método	Intervalo	
				Mínimo	Máximo
CN2	Curva número na condição de umidade II	adim*	x	-0,4	0,4
ALPHA_BF	Constante de recessão do fluxo de base	dias	=	0	1
GW_DELAY	Tempo de retardo da água subterrânea	dias	=	0	450
GWQMN	Limiar da profundidade da água no aquífero superficial necessária para o fluxo de retorno ocorrer	mm	=	0	5000
GW_REVAP	Coefficiente "revap" de água subterrânea	adim	=	0,02	0,2
ESCO	Fator de compensação de evaporação do solo	adim	=	0	1
SOL_AWC	Capacidade de água disponível no solo	mm/mm	=	0	1

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

SOL_K	Condutividade hidráulica saturada do solo	mm/h	=	0	100
SOL_BD	Densidade aparente do solo	[g/cm <sup>3</sup> ]	=	0,9	2,5
SHALLST	Altura inicial da água no aquífero raso	mm	=	0	1000
GWHT	Altura inicial da água subterrânea	mm	=	0	25
DEEPST	Altura inicial da água no aquífero profundo	mm	=	0	3000
REVAPMN	Profundidade em aquífero profundo para que aconteça o "revap"	mm	=	0	500
ANION_EXCL	Fração de porosidade (espaços vazios) a partir da qual os ânions são excluídos.	adim	=	0,01	1
SURLAG	Tempo de atraso do escoamento superficial	adim	=	0,05	24
RCHRG_DP	Fração de Percolação para o aquífero profundo	adim	=	0	1
OV_N	Valor do coeficiente de Manning	adim	=	0	1
EPCO	Fator de compensação de absorção de plantas.	adim	=	0	1

\*adim: adimensional; x: multiplicar; =: igualar; +: adicionar.

No método de multiplicação, um valor positivo no intervalo, por exemplo 0,4, indica que o parâmetro será aumentado em até 40%, entretanto, um valor negativo, por exemplo, -0,4 indica que o parâmetro poderá ser diminuído em até 40%.

A análise de sensibilidade foi realizada automaticamente pelo uso da ferramenta SWAT-CUP 2012 versão 5.1.6, software desenvolvido por Abbaspour (2012).

Como um primeiro passo, a *análise de sensibilidade global e individual* foi feita por meio do software SWAT-CUP para os anos hidrológicos do período 2000-2013. A análise foi obtida após 500 interações dentro dos intervalos admitidos para os parâmetros.

A *análise de sensibilidade individual* foi conduzida de forma a se obter graficamente a influência dos parâmetros mais sensíveis na função objetivo de Nash-Sutcliffe.

A *análise de sensibilidade global* foi realizada para a identificação dos parâmetros mais sensíveis e a significância de cada parâmetro.

### Análise de Sensibilidade Global

Pela *análise de sensibilidade global*, a determinação da sensibilidade dos parâmetros é determinada pelo cálculo do sistema linear de regressão múltipla.

Um *t-test* é então usado para identificar a significância relativa de cada parâmetro e a sensibilidade é estimada pelas mudanças médias na função objetivo, resultante das alterações em cada parâmetro, enquanto todos os outros parâmetros também são alterados. Essa sensibilidade relativa determinada é baseada numa aproximação linear e, conseqüentemente, fornece somente informações parciais sobre a sensibilidade dos parâmetros do modelo na função objetivo (Abbaspour, 2012).

O SWAT CUP apresenta dois resultados em relação à análise de sensibilidade global: (1) o *t-stat*, que fornece a medida da sensibilidade, em que quanto maior for o seu valor mais sensível é o parâmetro; e (2) o *p-value* que determina a significância da sensibilidade, e um valor próximo à zero indica maior significância. Ambos os resultados foram avaliados.

### Análise de Sensibilidade Individual

A *análise de sensibilidade individual* mostra a sensibilidade das mudanças do parâmetro na variável em análise, enquanto todos os outros parâmetros são mantidos constantes.

O problema desse método é que o usuário não sabe qual é o valor constante dos outros parâmetros. Isso é uma importante consideração quando a sensibilidade de um parâmetro depende do valor de outro. O exemplo abaixo (Figura 105) ilustra esse ponto.

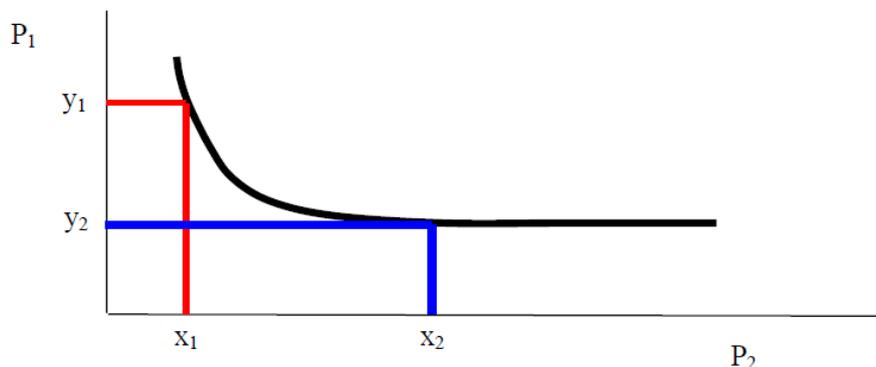


Figura 105 – Avaliação da sensibilidade de um parâmetro ( $P_2$ ) de acordo com a posição em que outro parâmetro ( $P_1$ ) é mantido constante (Fonte: Abbaspour *et al.* 2007)

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Se o valor do parâmetro  $P_1$  for mantido constante em  $y_1$ , então uma pequena mudança no parâmetro  $P_2$  fará mudanças significativas na função objetivo e indicará que  $P_2$  é um parâmetro bastante sensível. No entanto, se o valor do parâmetro  $P_1$  for mantido constante em  $y_2$ , as mudanças no parâmetro  $P_2$  em torno de  $x_2$  indicarão que  $P_2$  não é um parâmetro sensível. Portanto, os valores em que os outros parâmetros foram fixados podem fazer diferença na sensibilidade do parâmetro em análise.

A análise de sensibilidade individual foi realizada com os quatro parâmetros mais sensíveis obtidos da resposta da análise de sensibilidade global.

### **13.1 - Sub-bacia do Rio Descoberto**

Na Figura 106 é apresentado o resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do rio Descoberto ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente de acordo com o *P-Value*.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

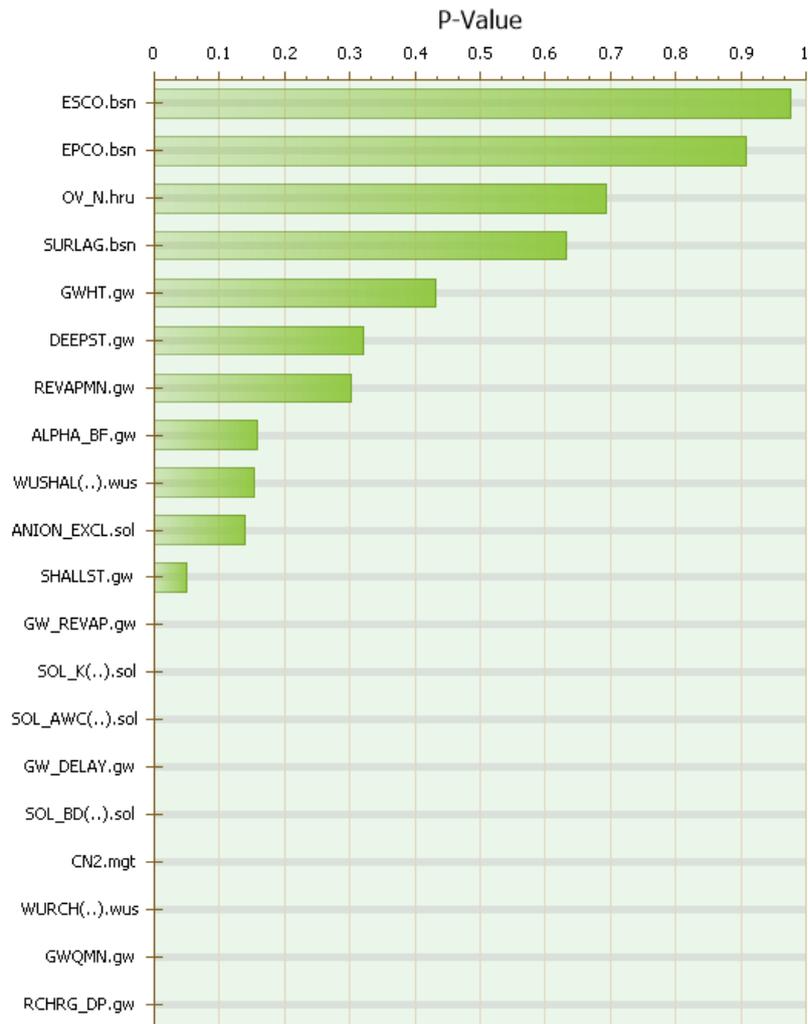


Figura 106 - Resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do rio Descoberto ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente.

Na Tabela 50 são apresentados os valores de *t-Stat* e *P-Value* obtidos durante a análise de sensibilidade global da bacia.

Tabela 50 - Valores de *t-Stat* e *P-Value* obtidos durante a análise de sensibilidade global da sub-bacia do rio Descoberto.

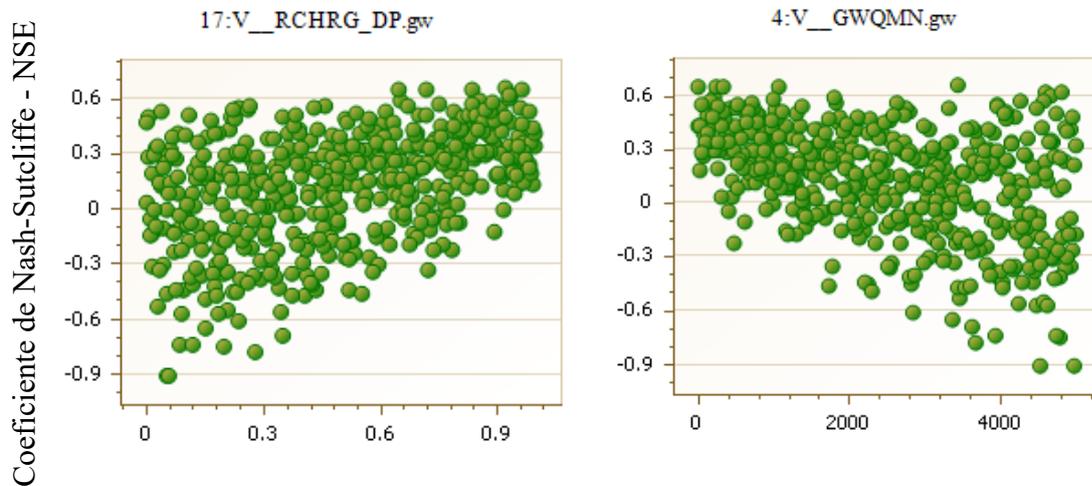
Parâmetro	t-Stat	P-Value
RCHRG DP.gw	18.94	0.00
GWQMN.gw	-15.90	0.00
WURCH(..).wus	-12.06	0.00
CN2.mgt	11.26	0.00
SOL BD(..).sol	10.45	0.00
GW DELAY.gw	-8.42	0.00
SOL_AWC(..).sol	-8.21	0.00
SOL K(..).sol	6.86	0.00
GW REVAP.gw	-6.31	0.00
SHALLST.gw	1.97	0.05

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

ANION_EXCL.sol	-1.48	0.14
WUSHAL(..).wus	-1.43	0.15
ALPHA_BF.gw	-1.41	0.16
REVAPMN.gw	1.03	0.30
DEEPST.gw	-0.99	0.32
GWHT.gw	0.79	0.43
SURLAG.bsn	0.48	0.63
OV_N.hru	-0.39	0.69
EPCO.bsn	0.11	0.91
ESCO.bsn	0.03	0.98

Nesse caso é possível observar que o modelo se mostrou sensível principalmente aos parâmetros RCHRG\_DP, GWQMN, WURCH, CN2, SOL\_BD, GW\_DELAY, SOL\_AWC, SOL\_K e GW\_REVAP.

Com o intuito de observar graficamente os impactos das alterações feitas nos quatro parâmetros de maior sensibilidade e significância na função objetivo, apresenta-se a Figura 107 com a distribuição do valor do parâmetro atribuído (eixo x) e respectiva resposta na função objetivo Nash-Sutcliffe (eixo y), obtidas pela análise de sensibilidade individual.



**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

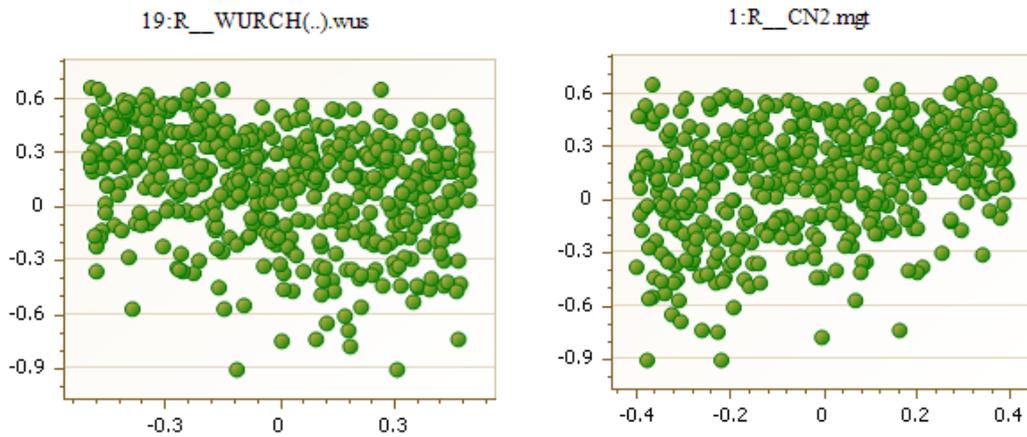


Figura 107 - Distribuição da relação do valor atribuído ao parâmetro (eixo x) versus a referente resposta no valor da função objetivo de Nash e Sutcliffe (eixo y) da sub-bacia do rio Descoberto.

O comportamento da relação do valor atribuído ao parâmetro com o efeito na resposta da função objetivo é bastante expressivo nos parâmetros avaliados, sendo isso considerado a sensibilidade do modelo ao parâmetro. Um parâmetro “sensível” exibe um comportamento direcionado da relação entre sua variação e o coeficiente de NSE. Para um parâmetro menos “sensível” esse retorno é menos expressivo, apresentando respostas mais distribuídas de NSE quando a modificação de seu valor. Como nessa análise não é levada em consideração a interdependência dos parâmetros em relação a outros, pelo motivo dos demais parâmetros serem mantidos constantes, apenas foi realizada com o intuito de verificar qualitativamente a importância do parâmetro na resposta da função objetivo.

Quanto maior o valor da fração de recarga do aquífero profundo RCHRG\_DP maior o NSE encontrado. O contrário é observado no parâmetro GWQMN, que trata do limiar da profundidade da água no aquífero superficial necessária para o fluxo de retorno (fluxo de base) ocorrer, e quanto menor o valor maior o NSE. O uso da água superficial WURCH foi o terceiro parâmetro mais importante e quanto maior a diminuição desse uso melhor o valor de NSE encontrado. A concentração de resultados de NSE superiores aumenta quando o CN2 é aumentado. O CN2 é o curva número na condição de umidade II e interfere diretamente no cálculo do escoamento superficial.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

### 13.2 - Sub-bacia do Ribeirão Rodeador

Na Figura 101 é apresentado o resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do ribeirão Rodeador ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente de acordo com o *P-Value*.

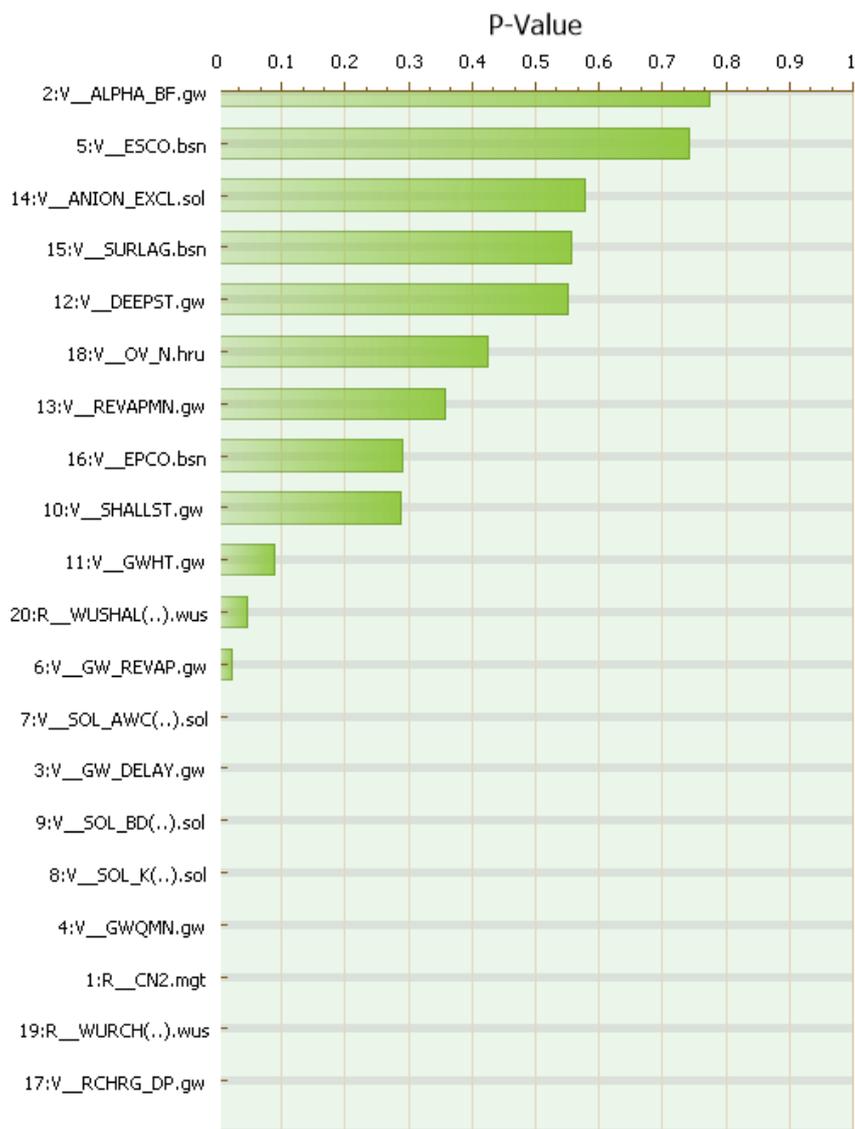


Figura 108 - Resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do Ribeirão Rodeador ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente.

Na Tabela 51 são apresentados os valores de *t-Stat* e *P-Value* obtidos durante a análise de sensibilidade global da bacia.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 51 - Valores de t-Stat e P-Value obtidos durante a análise de sensibilidade global da sub-bacia do Ribeirão Rodeador.

Parameter Name	t-Stat	P-Value
RCHRG DP.gw	16.08	0.00
WURCH(..).wus	-11.28	0.00
CN2.mgt	9.86	0.00
GWQMN.gw	-9.61	0.00
SOL K(..).sol	7.99	0.00
SOL BD(..).sol	7.77	0.00
GW DELAY.gw	-5.62	0.00
SOL AWC(..).sol	-3.03	0.00
GW REVAP.gw	-2.29	0.02
WUSHAL(..).wus	-2.00	0.05
GWHT.gw	1.70	0.09
SHALLST.gw	1.07	0.29
EPCO.bsn	-1.06	0.29
REVAPMN.gw	0.92	0.36
OV N.hru	-0.80	0.42
DEEPST.gw	-0.59	0.55
SURLAG.bsn	0.59	0.56
ANION EXCL.sol	0.55	0.58
ESCO.bsn	-0.33	0.74
ALPHA BF.gw	-0.29	0.78

Nesse caso é possível observar que o modelo se mostrou sensível principalmente aos parâmetros RCHRG\_DP, WURCH, CN2, GWQMN, SOL\_K, SOL\_BD, GW\_DELAY, SOL\_AWC, e GW\_REVAP. Vale desatacar que são os mesmos parâmetros que o modelo se mostrou sensível na sub-bacia do Rio Descoberto, porém a ordem de sensibilidade se apresentou diferente na sub-bacia do Ribeirão Rodeador.

Com o intuito de observar graficamente os impactos das alterações feitas nos quatro parâmetros de maior sensibilidade e significância na função objetivo, apresenta-se a Figura 109 com a distribuição do valor do parâmetro atribuído (eixo x) e respectiva resposta na função objetivo Nash-Sutcliffe (eixo y), obtidas pela análise de sensibilidade individual.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

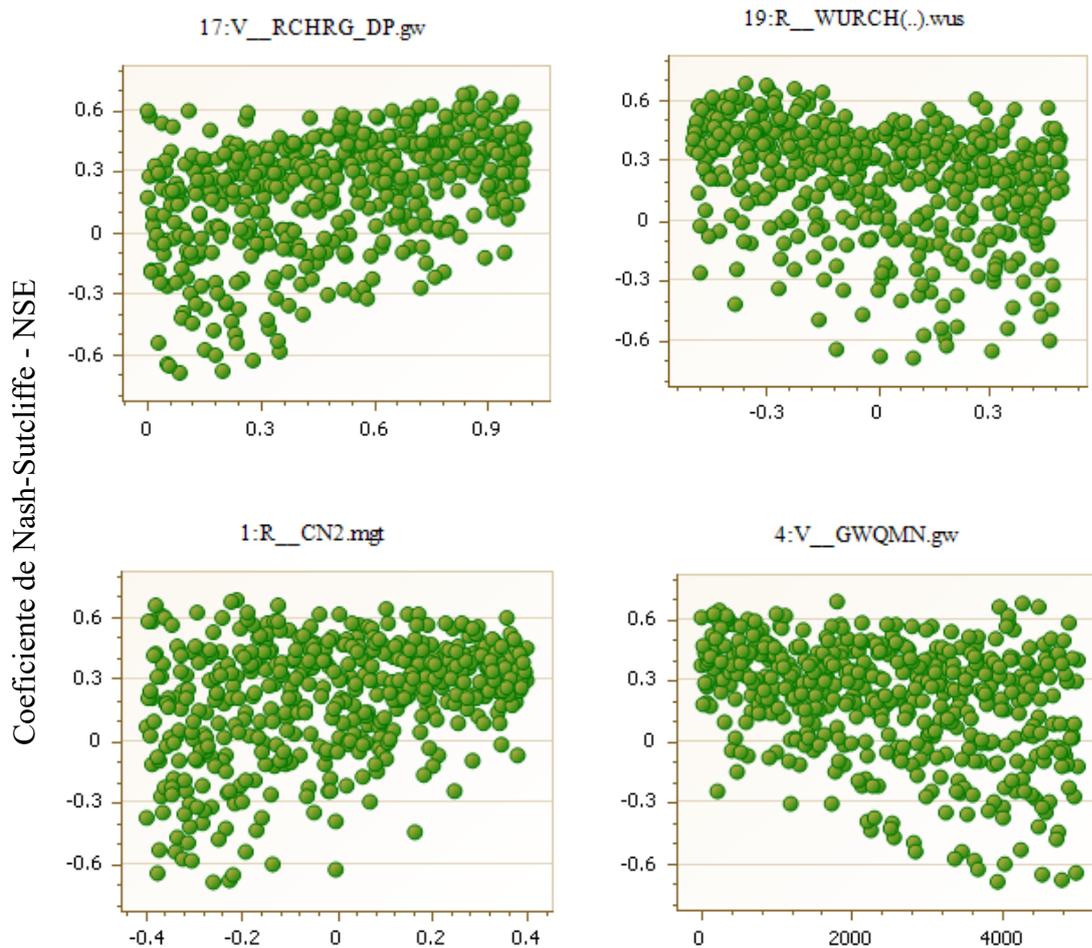


Figura 109 -Distribuição da relação do valor atribuído ao parâmetro (eixo x) versus a referente resposta no valor da função objetivo de Nash e Sutcliffe (eixo y) da sub-bacia do Ribeirão Rodeador.

De maneira semelhante ao que foi observado na sub-bacia do Rio Descoberto, quanto maior o valor da fração de recarga do aquífero profundo RCHRG\_DP maior o NSE encontrado. O contrário é observado no parâmetro GWQMN, que trata do limiar da profundidade da água no aquífero superficial necessária para o fluxo de retorno (fluxo de base) ocorrer, e quanto menor o valor maior o NSE. O uso da água superficial WURCH foi o segundo parâmetro mais importante e quanto menor a diminuição desse uso melhor o valor de NSE encontrado. A concentração de resultados de NSE superiores aumenta quando o CN2 é aumentado. O CN2 é o curva número na condição de umidade II e interfere diretamente no cálculo do escoamento superficial.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**13.3 - Sub-bacia do Córrego Capão Comprido**

Na Figura 103 é apresentado o resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do ribeirão Rodeador ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente de acordo com o *P-Value*.

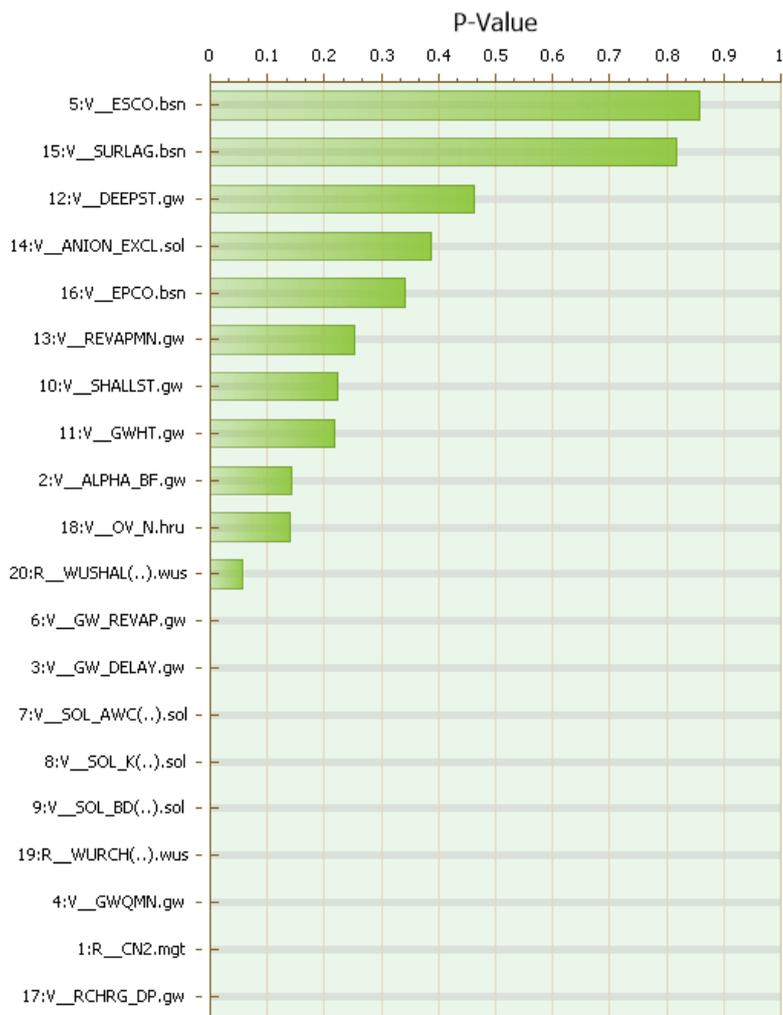


Figura 110 - Resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do córrego Capão Comprido ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente.

Na Tabela 52 são apresentados os valores de *t-Stat* e *P-Value* obtidos durante a análise de sensibilidade global da bacia.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 52 - Valores de *t-Stat* e *P-Value* obtidos durante a análise de sensibilidade global da sub-bacia do córrego Capão Comprido.

Parâmetro	t-Stat	P-Value
RCHRG_DP.gw	20.15	0.00
CN2.mgt	15.02	0.00
GWQMN.gw	-13.56	0.00
WURCH(..).wus	-12.04	0.00
SOL_BD(..).sol	11.64	0.00
SOL_K(..).sol	11.56	0.00
SOL_AWC(..).sol	-9.22	0.00
GW_DELAY.gw	-6.83	0.00
GW_REVAP.gw	-4.75	0.00
WUSHAL(..).wus	-1.91	0.06
OV_N.hru	-1.48	0.14
ALPHA_BF.gw	-1.47	0.14
GWHT.gw	1.23	0.22
SHALLST.gw	1.22	0.22
REVAPMN.gw	1.15	0.25
EPCO.bsn	0.95	0.34
ANION_EXCL.sol	-0.86	0.39
DEEPST.gw	-0.74	0.46
SURLAG.bsn	-0.23	0.82
ESCO.bsn	-0.18	0.86

O modelo se mostrou sensível principalmente aos parâmetros: RCHRG\_DP, CN2, GWQMN, WURCH, SOL\_BD, SOL\_K, SOL\_AWC, GW\_DELAY e GW\_REVAP. Os parâmetros que se apresentaram como maiores influentes na simulação foram iguais aos encontrados na análise de sensibilidade das sub-bacias do Descoberto e Rodeador, porém a sequência foi diferente.

Com o intuito de observar graficamente os impactos das alterações feitas nos quatro parâmetros de maior sensibilidade e significância na função objetivo, apresenta-se a Figura 1074 com a distribuição do valor do parâmetro atribuído (eixo x) e respectiva resposta na função objetivo Nash-Sutcliffe (eixo y), obtidas pela análise de sensibilidade individual.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

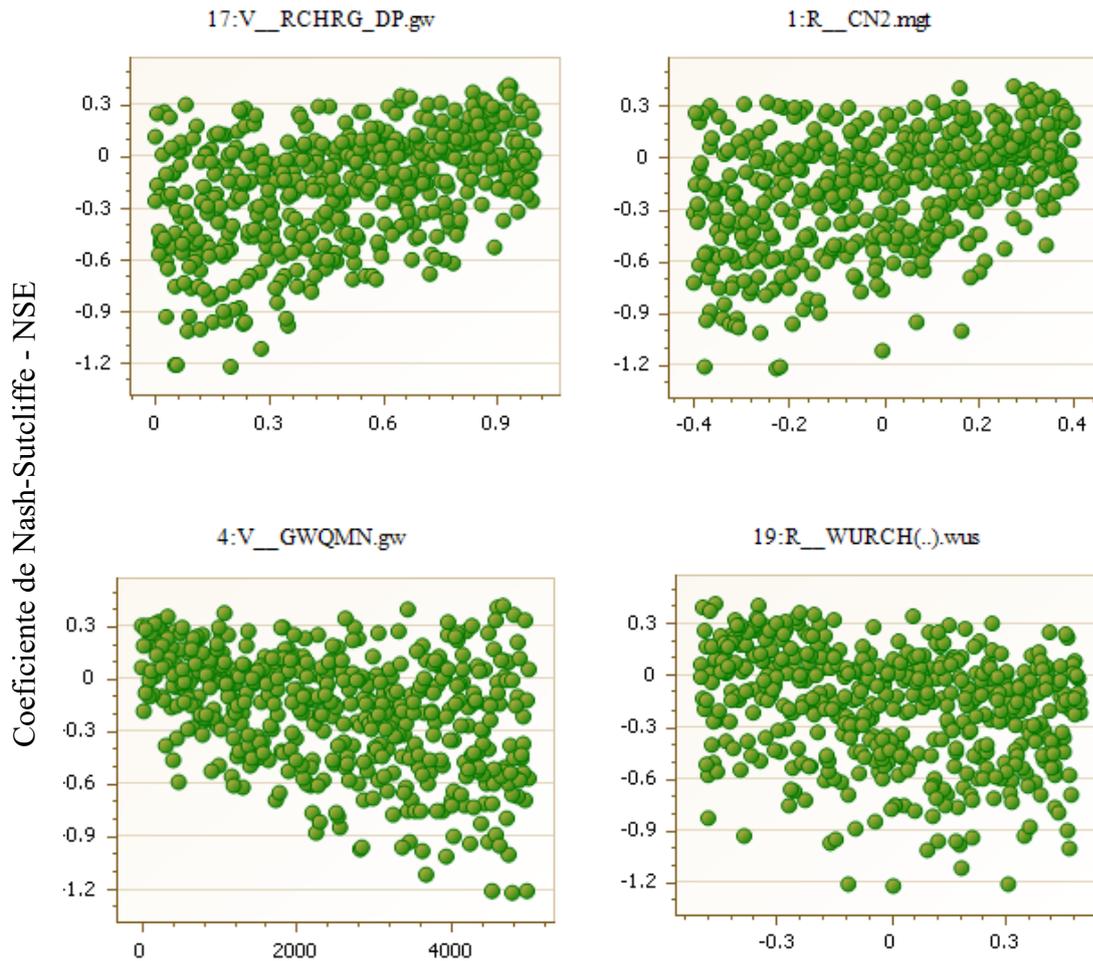


Figura 111 - Distribuição da relação do valor atribuído ao parâmetro (eixo x) versus a referente resposta no valor da função objetivo de Nash e Sutcliffe (eixo y) da sub-bacia do córrego Capão Comprido.

Em relação ao parâmetro RCHRG\_DP a tendência de maiores valores de NSE encontra-se quando a fração de recarga do aquífero profundo é mais alta. O mesmo é observado no parâmetro CN2. O contrário acontece nos parâmetros GWQMN e WURCH, em que a redução do parâmetro melhora a modelagem quanto ao valor de NSE.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

### 13.4 - Sub-bacia do Córrego Olaria

Na Figura 112 é apresentado o resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do rio Descoberto ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente de acordo com o *P-Value*.

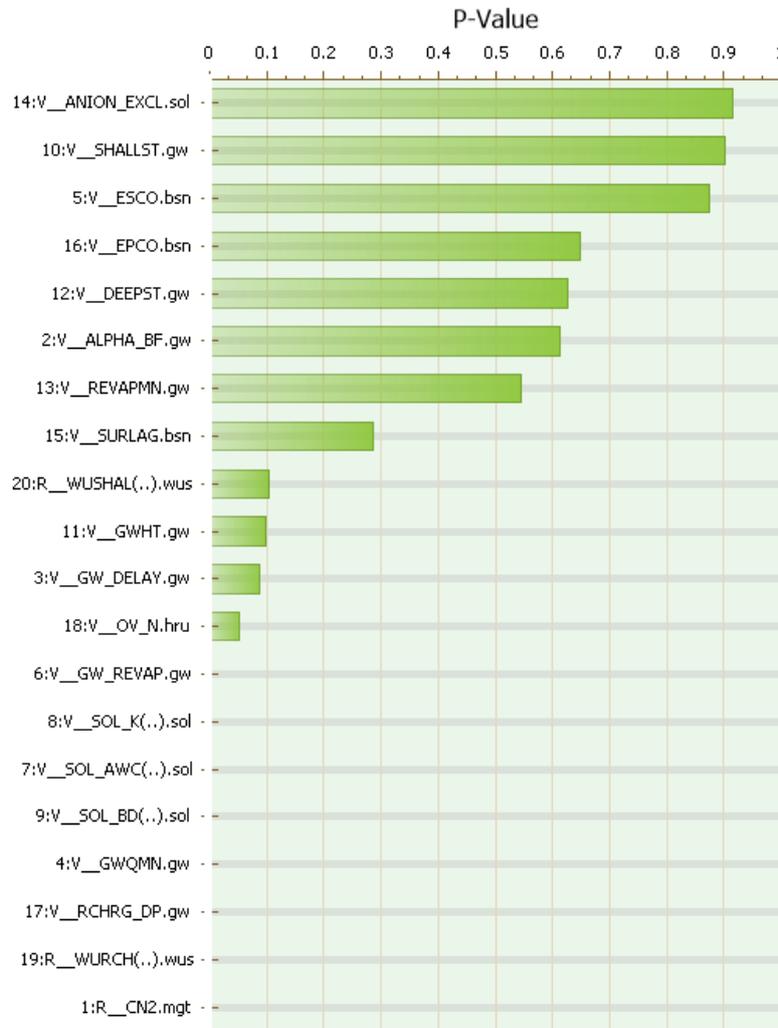


Figura 112 - Resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do córrego Olaria ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente.

Na Tabela 53 são apresentados os valores de *t-Stat* e *P-Value* obtidos durante a análise de sensibilidade global da bacia.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 53 - Valores de *t-Stat* e *P-Value* obtidos durante a análise de sensibilidade global da sub-bacia do córrego Olaria.

Parâmetros	t-Stat	P-Value
CN2.mgt	17.64	0.00
WURCH(..).wus	-16.93	0.00
RCHRG_DP.gw	13.07	0.00
GWQMN.gw	-8.80	0.00
SOL_BD(..).sol	8.68	0.00
SOL_AWC(..).sol	-6.18	0.00
SOL_K(..).sol	5.15	0.00
GW_REVAP.gw	-4.67	0.00
OV_N.hru	-1.96	0.05
GW_DELAY.gw	-1.72	0.09
GWHT.gw	1.66	0.10
WUSHAL(..).wus	-1.64	0.10
SURLAG.bsn	1.07	0.29
REVAPMN.gw	0.61	0.55
ALPHA_BF.gw	-0.51	0.61
DEEPST.gw	-0.49	0.63
EPCO.bsn	-0.46	0.65
ESCO.bsn	-0.16	0.87
SHALLST.gw	0.12	0.90
ANION_EXCL.sol	0.11	0.92

É possível observar que o modelo se mostrou sensível principalmente aos parâmetros: CN2, WURCH, RCHRG\_DP, GWQMN, SOL\_BD, SOL\_AWC, SOL\_K, GW\_REVAP e GW\_DELAY. A sub-bacia do córrego Olaria foi a que apresentou maiores distinções na sequência dos parâmetros mais sensíveis, porém similarmente às demais bacias analisadas os parâmetros foram os mesmos.

A avaliação da sensibilidade local foi feita com o intuito de observar graficamente os impactos das alterações feitas nos quatro parâmetros de maior sensibilidade e significância na função objetivo e apresenta-se na Figura 113 com a distribuição do valor do parâmetro atribuído (eixo x) e respectiva resposta na função objetivo Nash-Sutcliffe (eixo y).

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

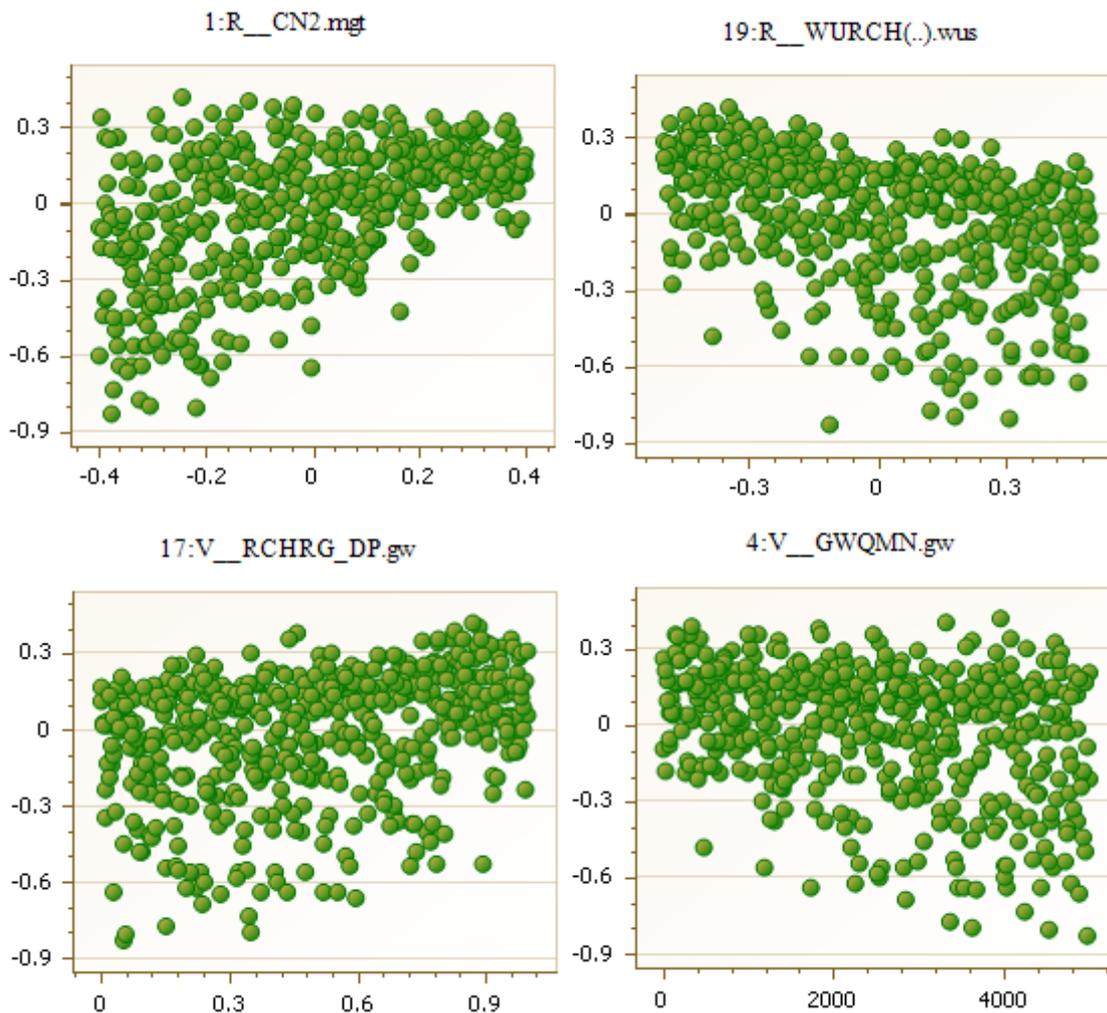


Figura 113 - Distribuição da relação do valor atribuído ao parâmetro (eixo x) versus a referente resposta no valor da função objetivo de Nash e Sutcliffe (eixo y) da sub-bacia do rio Descoberto.

Quanto a distribuição dos quatro gráficos dos parâmetros analisados é possível observar que o CN2 e a RCHRG\_DP apresentam maior tendência em apresentarem resultados satisfatórios quando aumentado seus valores na modelagem. O contrário é observado nos parâmetros GWQMN e WURCH, que quanto menor o valor considerado na modelagem, maior foi o NSE.

### 13.5 - Sub-bacia do Córrego Chapadinha

Na Figura 107 é apresentado o resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do rio Descoberto ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente de acordo com o *P-Value*.

PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

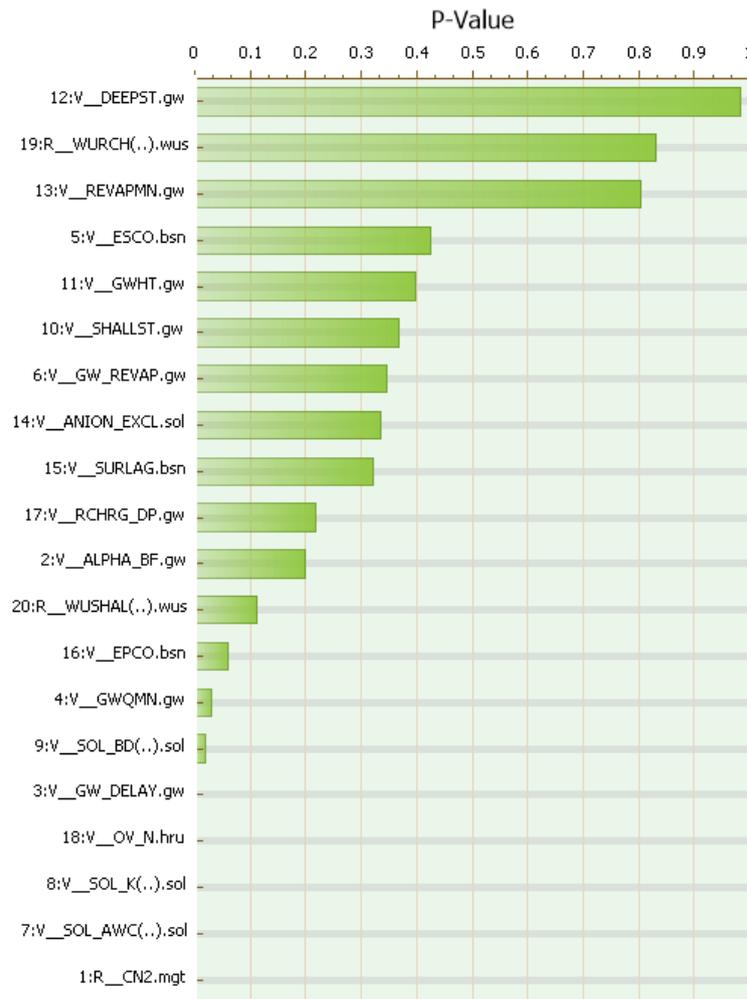


Figura 114 - Resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do córrego Chapadinha ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente.

Na Tabela 48 são apresentados os valores de *t-Stat* e *P-Value* obtidos durante a análise de sensibilidade global da bacia.

Tabela 54 - Valores de *t-Stat* e *P-Value* obtidos durante a análise de sensibilidade global da sub-bacia do córrego Chapadinha.

Parâmetro	t-Stat	P-Value
CN2.mgt	-17.25	0.00
SOL_AWC(..).sol	7.58	0.00
SOL_K(..).sol	-4.78	0.00
OV_N.hru	3.42	0.00
GW_DELAY.gw	3.29	0.00
SOL_BD(..).sol	-2.37	0.02
GWQMN.gw	2.19	0.03

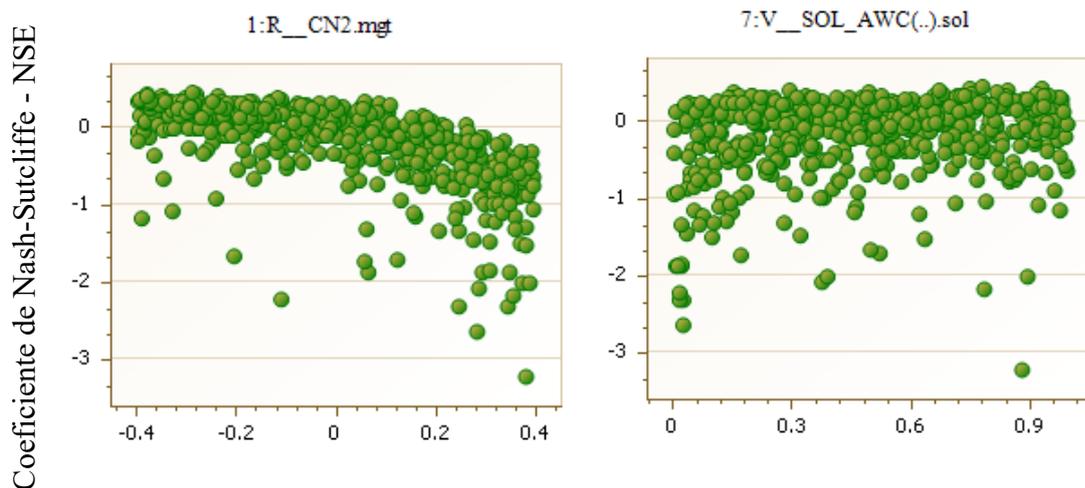
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

EPCO.bsn	-1.90	0.06
WUSHAL(..).wus	1.59	0.11
ALPHA_BF.gw	1.29	0.20
RCHRG_DP.gw	-1.23	0.22
SURLAG.bsn	0.99	0.32
ANION_EXCL.sol	0.96	0.34
GW_REVAP.gw	-0.94	0.35
SHALLST.gw	-0.90	0.37
GWHT.gw	0.84	0.40
ESCO.bsn	0.80	0.43
REVAPMN.gw	0.25	0.80
WURCH(..).wus	0.21	0.83
DEEPST.gw	0.02	0.98

Nesse caso é possível observar que o modelo se mostrou sensível principalmente aos parâmetros CN2, SOL\_AWC, SOL\_K, OV\_N, GW\_DELAY, SOL\_BD, GWQMN, EPCO e WUSHAL.

Diferentemente do que vinha sendo observado, apenas alterações na sequência dos parâmetros, na sub-bacia do córrego Chapadinha houve a sensibilidade de parâmetros diferentes, tais como: OV\_N, EPCO e WUSHAL. OV\_N é o valor do coeficiente de Manning. EPCO é o fator de compensação de absorção de plantas. E WUSHAL é o uso da água subterrânea.

Com o intuito de observar graficamente os impactos das alterações feitas nos quatro parâmetros de maior sensibilidade e significância na função objetivo, apresenta-se a Figura 115 com a distribuição do valor do parâmetro atribuído (eixo x) e respectiva resposta na função objetivo Nash-Sutcliffe (eixo y), obtidas pela análise de sensibilidade individual.



PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

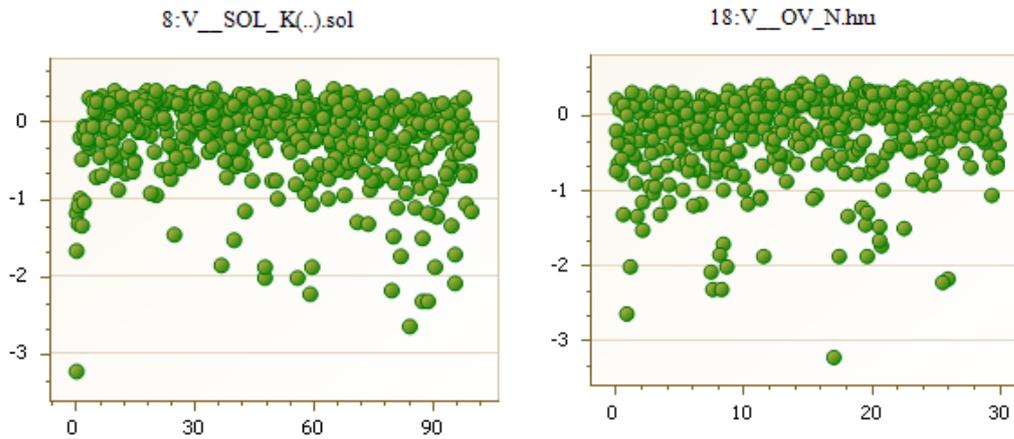


Figura 115 - Distribuição da relação do valor atribuído ao parâmetro (eixo x) versus a referente resposta no valor da função objetivo de Nash e Sutcliffe (eixo y) da sub-bacia do córrego Chapadinha.

Quanto a distribuição dos quatro gráficos dos parâmetros analisados é possível observar que o CN2 é o parâmetro que apresenta maior sensibilidade e uma tendência expressiva em apresentar resultados satisfatórios quando diminuído o valor do parâmetro na modelagem. Os demais parâmetros não apresentam tendências visuais em relação às mudanças nos seus valores. Isso ressalta a importância do CN2 na simulação de áreas urbanas, uso do solo predominante na bacia do córrego Chapadinha.

### 13.6 - Sub-bacia do Ribeirão das Pedras

Na Figura 116 é apresentado o resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do rio Descoberto ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente de acordo com o *P-Value*. Na Tabela 55 são apresentados os valores de *t-Stat* e *P-Value* obtidos durante a análise de sensibilidade global da bacia.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

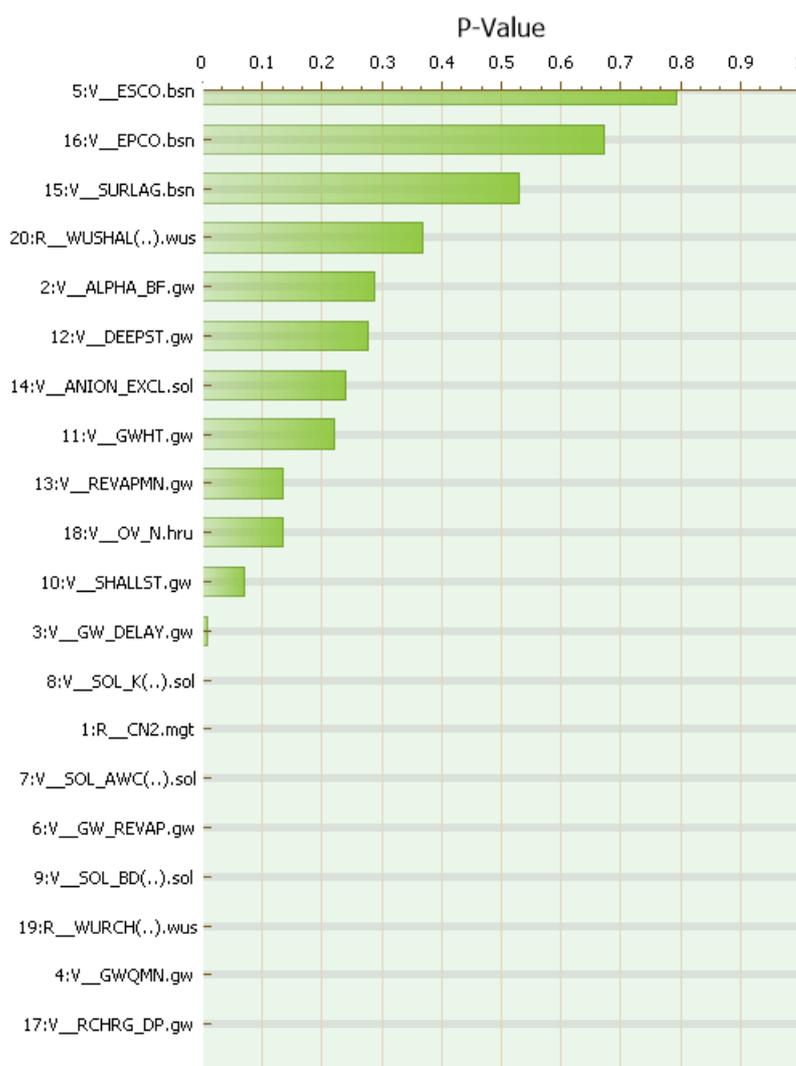


Figura 116 - Resultado da análise de sensibilidade global da sub-bacia do córrego Olaria ranqueando os parâmetros mais sensíveis em ordem crescente.

Tabela 55 - Valores de *t-Stat* e *P-Value* obtidos durante a análise de sensibilidade global da sub-bacia do córrego Olaria.

Parâmetros	t-Stat	P-Value
RCHRG DP.gw	24.07	0.00
GWQMN.gw	-14.13	0.00
WURCH(..).wus	-10.88	0.00
SOL_BD(..).sol	9.76	0.00
GW_REVAP.gw	-6.23	0.00
SOL_AWC(..).sol	-4.67	0.00
CN2.mgt	4.47	0.00
SOL_K(..).sol	3.38	0.00
GW_DELAY.gw	-2.71	0.01
SHALLST.gw	1.82	0.07
OV_N.hru	-1.50	0.13
REVAPMN.gw	1.50	0.14

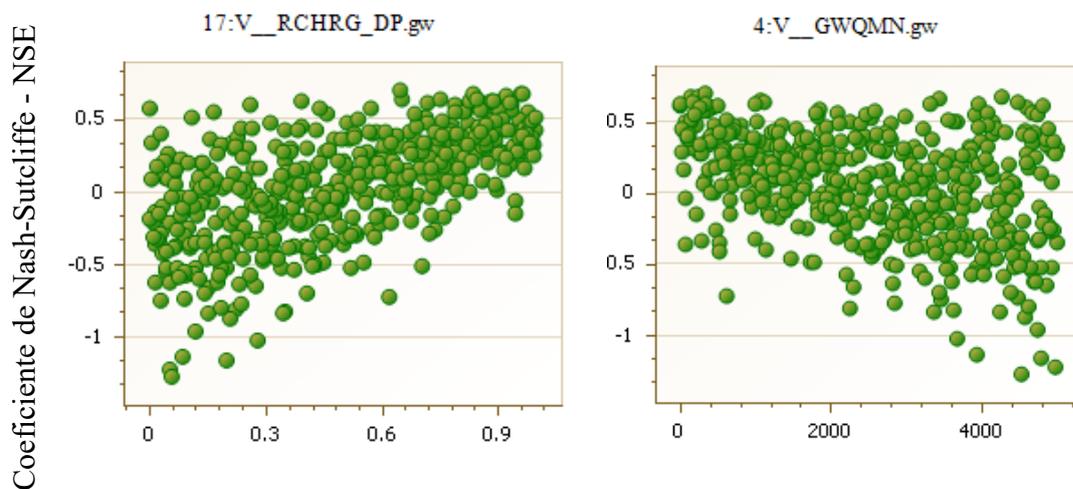
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

GWHT.gw	1.23	0.22
ANION_EXCL.sol	-1.18	0.24
DEEPST.gw	-1.09	0.28
ALPHA_BF.gw	-1.06	0.29
WUSHAL(..).wus	-0.90	0.37
SURLAG.bsn	0.63	0.53
EPCO.bsn	-0.43	0.67
ESCO.bsn	-0.26	0.79

O modelo se mostrou sensível principalmente aos parâmetros: RCHRG\_DP, GWQMN, WURCH, SOL\_BD, GW\_REVAP, SOL\_AWC, CN2, SOL\_K e GW\_DELAY.

Similarmente às demais bacias analisadas os parâmetros que o modelo se mostrou sensível foram os mesmos das bacias analisadas, exceto a bacia do córrego Chapadinha, alterando apenas a sequência de maior sensibilidade.

A avaliação da sensibilidade local foi feita com o intuito de observar graficamente os impactos das alterações feitas nos quatro parâmetros de maior sensibilidade e significância na função objetivo e apresenta-se na Figura 117 com a distribuição do valor do parâmetro atribuído (eixo x) e respectiva resposta na função objetivo Nash-Sutcliffe (eixo y).



ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

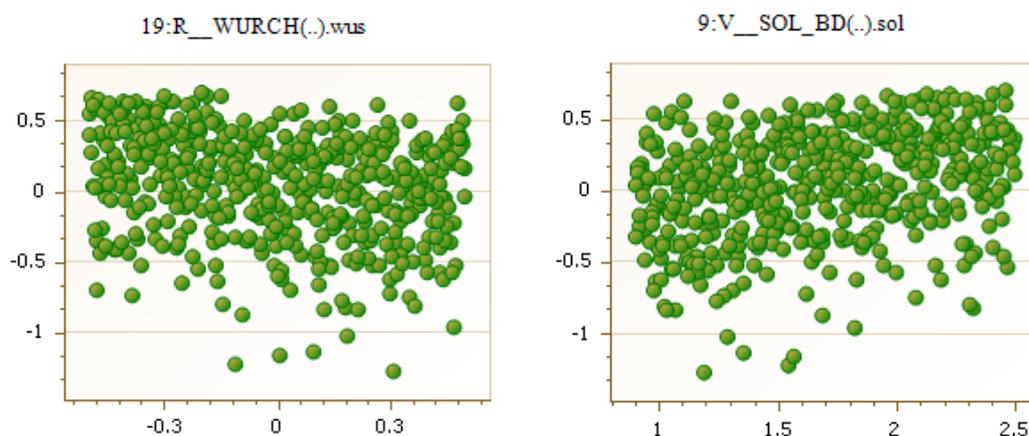


Figura 117 - Distribuição da relação do valor atribuído ao parâmetro (eixo x) versus a referente resposta no valor da função objetivo de Nash e Sutcliffe (eixo y) da sub-bacia do rio Descoberto.

Quanto a distribuição dos quatro gráficos dos parâmetros analisados é possível observar que o a RCHRG\_DP e SOL\_BD apresentam maior tendência em apresentarem resultados satisfatórios quando aumentado seus valores na modelagem. O contrário é observado nos parâmetros GWQMN e WURCH, que quanto menor o valor considerado na modelagem, maior foi o NSE.

## **14 - CALIBRAÇÃO DO MODELO SWAT**

A calibração é o ajuste dos parâmetros de um modelo para que se obtenha uma concordância aceitável entre os dados observados e simulados (Arnold et al., 2012).

A calibração automática do modelo SWAT foi feita para todas as sub-bacias monitoradas afluentes do Lago Descoberto. O período utilizado para calibração foi de janeiro de 2001 a dezembro de 2013. A calibração foi feita com dados mensais de vazão.

Nesta etapa a calibração foi realizada para a simulação com uso da água correspondente às demandas apresentado no item 12.3.

Para avaliar a eficiência do modelo em representar a realidade foram utilizados os coeficientes apresentados anteriormente na Tabela 42 do item 12 - Avaliação da Modelagem.

Foi realizada a calibração automática com auxílio da ferramenta SWAT-CUP 2012 versão 5.1.6, software desenvolvido por Abbaspour (2007). Os parâmetros calibrados e respectivos intervalos definidos foram determinados com base na análise de sensibilidade previamente executada e de acordo com as características físicas da bacia em estudo. Para a calibração do modelo foi utilizado o algoritmo SUFI-2.

A calibração automática dos 20 parâmetros selecionados foi realizada com 500 interações dentro dos intervalos adotados na análise de sensibilidade.

Os resultados de cada sub-bacia são apresentados ao longo dos sub-itens a seguir.

### **14.1 - Sub-bacia do Rio Descoberto**

O intervalo adotado para a calibração, juntamente com os valores dos parâmetros que apresentaram o melhor ajuste na modelagem da vazão da sub-bacia do Rio Descoberto são apresentados na Tabela 56.

Na Figura 118 são apresentados os hidrogramas observado e simulado pelo SWAT após a calibração automática dos parâmetros, na sub-bacia o Rio Descoberto (Descoberto Chácara 89). Na Figura 119 – Hidrogramas observado e simulado no período de verificação na sub-bacia do Rio Descoberto. Figura 119 é apresentado o hidrograma do período de verificação, realizado para os anos subsequentes à calibração (2014 a 2017). Em seguida é apresentada a Tabela 50 que traz os valores dos coeficientes de eficiência obtidos com o processo de calibração do modelo.

Tabela 56 - Intervalo de variação do parâmetro e valor selecionado na calibração da vazão da sub-bacia do Rio Descoberto.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Calibração			
Parâmetro	Valor de Calibração	Valor Mínimo	Valor Máximo
1:R__CN2.mgt	-0.3672	-0.4	0.4
2:V__ALPHA_BF.gw	0.905	0	1
3:V__GW_DELAY.gw	247.049988	0	450
4:V__GWQMN.gw	15	0	5000
5:V__ESCO.bsn	0.099	0	1
6:V__GW_REVAP.gw	0.07274	0.02	0.2
7:V__SOL_AWC(...).sol	0.053	0	1
8:V__SOL_K(...).sol	52.100002	0	100
9:V__SOL_BD(...).sol	1.1032	0.9	2.5
10:V__SHALLST.gw	725	0	1000
11:V__GWHT.gw	16.975	0	25
12:V__DEEPST.gw	2775	0	3000
13:V__REVAPMN.gw	312.5	0	500
14:V__ANION_EXCL.sol	0.46045	0.01	1
15:V__SURLAG.bsn	5.72615	0.05	24
16:V__EPCO.bsn	0.929	0	1
17:V__RCHRG_DP.gw	0.0786	0	0.2
18:V__OV_N.hru	26.551151	0.01	30
19:R__WURCH(...).wus	0.1924	-0.2	0.2
20:R__WUSHAL(...).wus	-0.0436	-0.2	0.2

\*Método: V: igualar; R: multiplicar; A: adicionar

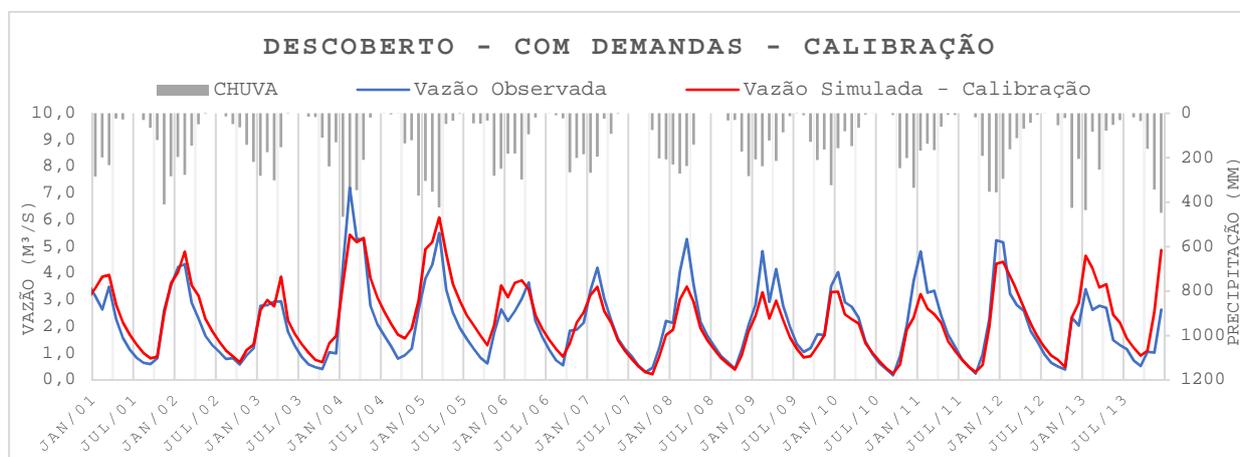


Figura 118 – Hidrogramas observado e simulado após calibração dos parâmetros na sub-bacia do Rio Descoberto.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

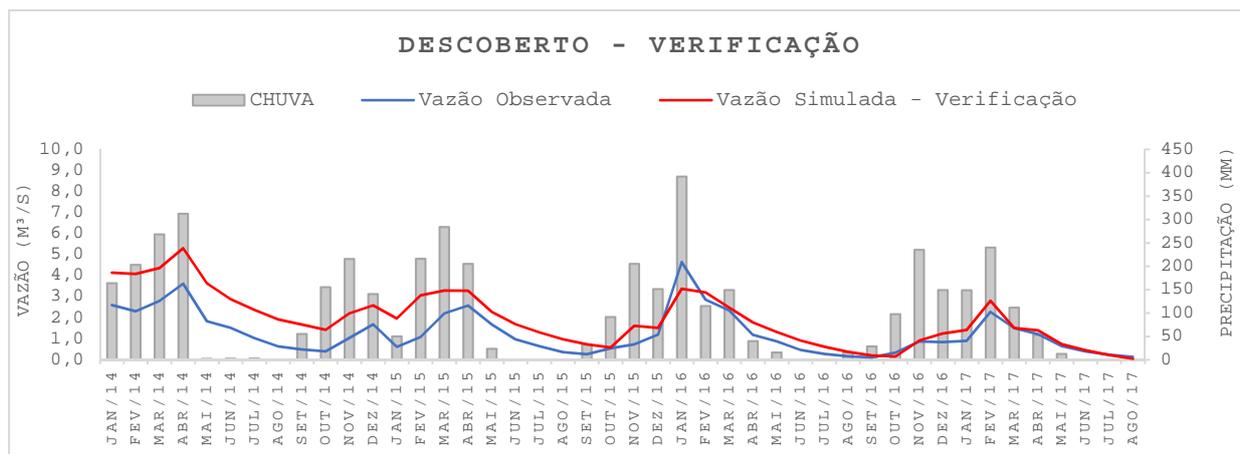


Figura 119 – Hidrogramas observado e simulado no período de verificação na sub-bacia do Rio Descoberto.

Tabela 57 - Coeficientes de Eficiência resultantes da calibração da sub-bacia do Rio Descoberto.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas	Desempenho - Com Demandas	Desempenho - Calibração	Desempenho - verificação
NSE	-0.32	0.14	0.61	0.77	0.16
NSElog	0.24	0.31	-0.01	0.84	0.54
NSEiq	0.30	0.27	-Inf	0.81	-0.30
ErroMédio	88.61	80.74	35.28	28.06	78.80
ErroMax	371.66	403.38	164.88	140.63	257.50
R <sup>2</sup>	0.69	0.62	0.69	0.78	0.74

A calibração melhorou a resposta do modelo em 21% (de 0,61 para 0,77) quanto ao coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe. Todas as respostas matemáticas foram positivas e graficamente o modelo consegue representar adequadamente o comportamento hídrico da bacia.

Segundo Moriasi et al. (2007), para a simulação mensal, valores de NSE acima de 0,5 são considerados satisfatórios, acima de 0,65 bons, e superiores a 0,75 muito bons.

Quanto às vazões altas o modelo não representa bem o ano de 2013, e quanto às vazões baixas os primeiros 5 anos apresentam maiores dificuldades em serem simulados. Essas discrepâncias possivelmente devido ao fato de que nesses anos houve períodos de chuva atípicos que geraram incertezas e usos de água que não são medidos na prática, por isso de difícil representação. Com o objetivo comparativo os períodos de chuva dos anos de 2003-2004 e de 2007-2008 foram plotados e apresentados nos gráficos das Figura 119 e Figura 121.

É possível observar a diferença de dispersão da chuva e ambos os gráficos, temporal, quantitativa e quanto a dias sem chuva. Esses fatores interferem inerentemente o uso de água na

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

bacia, principalmente em relação a irrigação. Como na modelagem com o SWAT não é possível modificar a retirada de água mensalmente a cada ano, um ajuste detalhado nesses anos é difícil de ser representado.

Dessa maneira, anos hidrológicos atípicos podem apresentar resultados modelados imprecisos o que tende a dificultar a gestão hídrica. Por isso ressalta-se que a proposta da modelagem vai além de resultados numéricos precisos, mas sim a necessidade da análise do sistema integrado.

Pelo gráfico de dispersão é possível observar que as vazões mais altas têm apresentado maior espalhamento, isso evidencia a dificuldade do modelo em simular as vazões nos períodos de chuva. E destaca-se, novamente, a influência das diferentes retiradas de água na simulação do modelo.

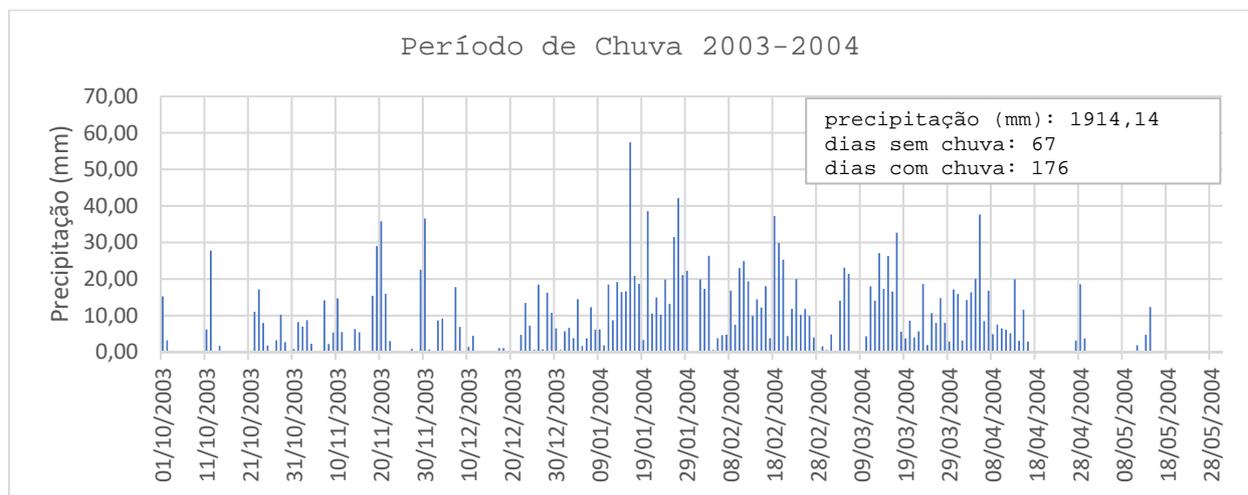


Figura 120 – Chuva diária do período de outubro de 2003 a maio de 2004.

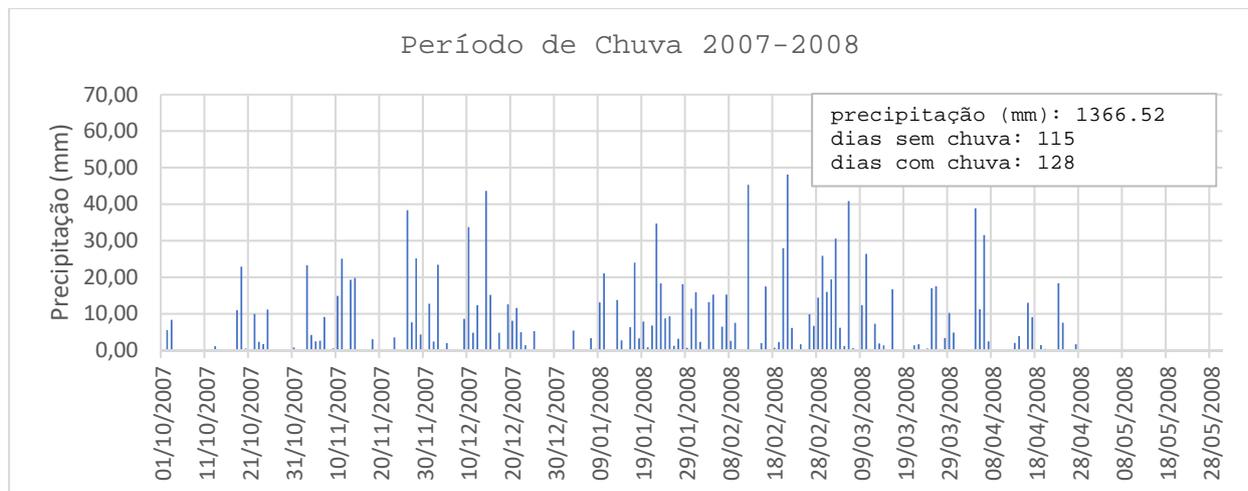


Figura 121 – Chuva diária do período de outubro de 2007 a maio de 2008.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Também foi feita a análise de regressão linear para os dados de vazão observados e simulados (Figura 122). A tabela apresenta um resumo estatístico e no gráfico os valores são plotados para a análise.

Variável	Observações	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Observado	211	0.115	7.209	1.917	1.327
Simulado	211	0.001	6.094	2.085	1.317

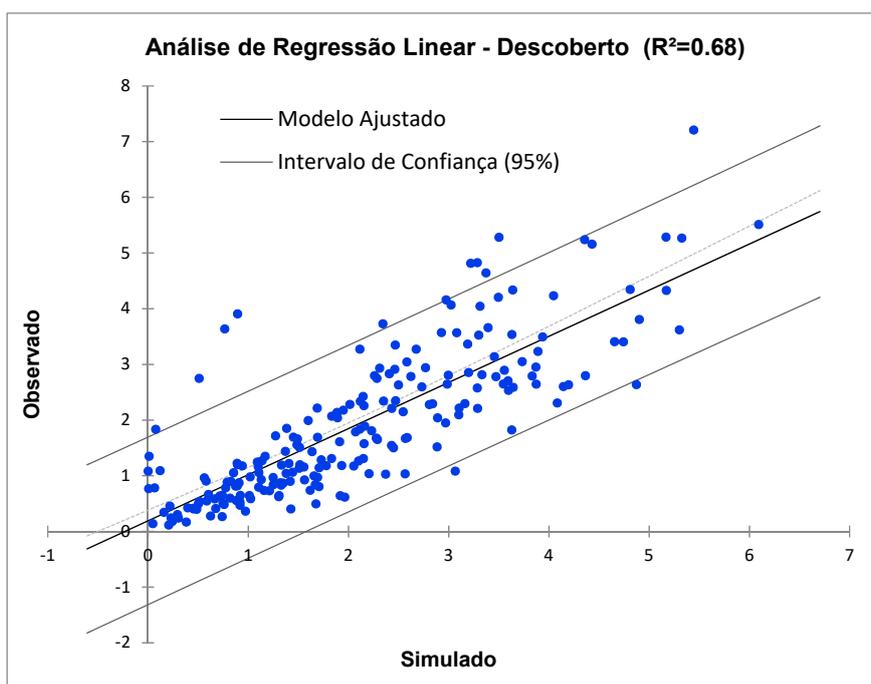


Figura 122 – Análise de regressão linear na bacia do rio Descoberto para a série histórica de 2000 a 2017.

Neste caso particular, 68% da variabilidade da vazão simulada é explicada pela vazão observada.

O gráfico nos permite visualizar os dados, a linha de regressão (o modelo ajustado) e o intervalo de confiança, neste caso, 95%. Algumas vazões mais altas ficaram fora do intervalo de confiança de 95%, mostrando a subestimativa dessas vazões.

O espalhamento do modelo ajustado é maior nas vazões mais altas, mesmo após a calibração, o que concorda com as análises feitas até o momento.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

### 14.2 – Sub-bacia do Córrego Olaria

O intervalo adotado para a calibração, juntamente com os valores dos parâmetros que ajustaram o modelo da sub-bacia do Córrego Olaria são apresentados na Tabela 58.

Na Figura 123 são apresentados os hidrogramas observado e simulado pelo SWAT após a calibração automática dos parâmetros, na sub-bacia do córrego Olaria. Em seguida é apresentada a Tabela 58 que traz os valores dos coeficientes de eficiência obtidos com o processo de calibração do modelo. O gráfico de verificação das vazões simuladas para o período de 2014 a 2017 é apresentado na Figura 124.

Tabela 58 - Intervalo de variação do parâmetro e valor selecionado na calibração da vazão da sub-bacia do Córrego Olaria.

Calibração				
Parâmetro	Valor de Calibração	Valor Mínimo	Valor Máximo	
1:R__CN2.mgt	-0.0824	-0.4	0.4	
2:V__ALPHA_BF.gw	0.141	0	1	
3:V__GW_DELAY.gw	344.25	0	450	
4:V__GWQMN.gw	765	0	5000	
5:V__ESCO.bsn	0.831	0	1	
6:V__GW_REVAP.gw	0.07598	0.02	0.2	
7:V__SOL_AWC(..).sol	0.743	0	1	
8:V__SOL_K(..).sol	2.9	0	100	
9:V__SOL_BD(..).sol	2.4792	0.9	2.5	
10:V__SHALLST.gw	629	0	1000	
11:V__GWHT.gw	2.625	0	25	
12:V__DEEPST.gw	2637	0	3000	
13:V__REVAPMN.gw	224.5	0	500	
14:V__ANION_EXCL.sol	0.53371	0.01	1	
15:V__SURLAG.bsn	9.366549	0.05	24	
16:V__EPCO.bsn	0.145	0	1	
17:V__RCHRG_DP.gw	0.1906	0	0.2	
18:V__OV_N.hru	5.79807	0.01	30	
19:R__WURCH(..).wus	0.1684	-0.2	0.2	
20:R__WUSHAL(..).wus	-0.1148	-0.2	0.2	

\*Método: V: igualar; R: multiplicar; A: adicionar

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

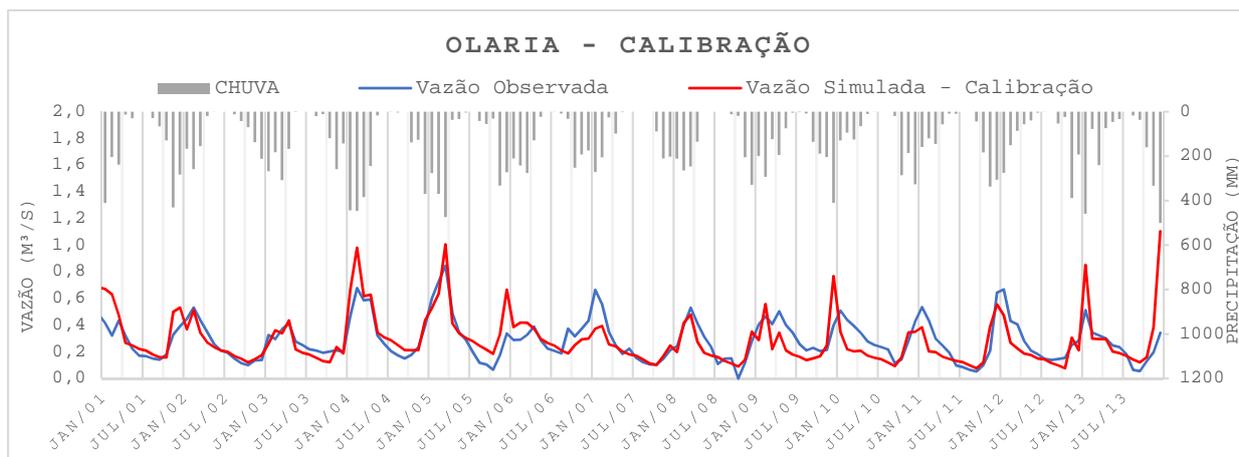


Figura 123 – Hidrogramas observado e simulado após calibração dos parâmetros na sub-bacia do Córrego Olaria.

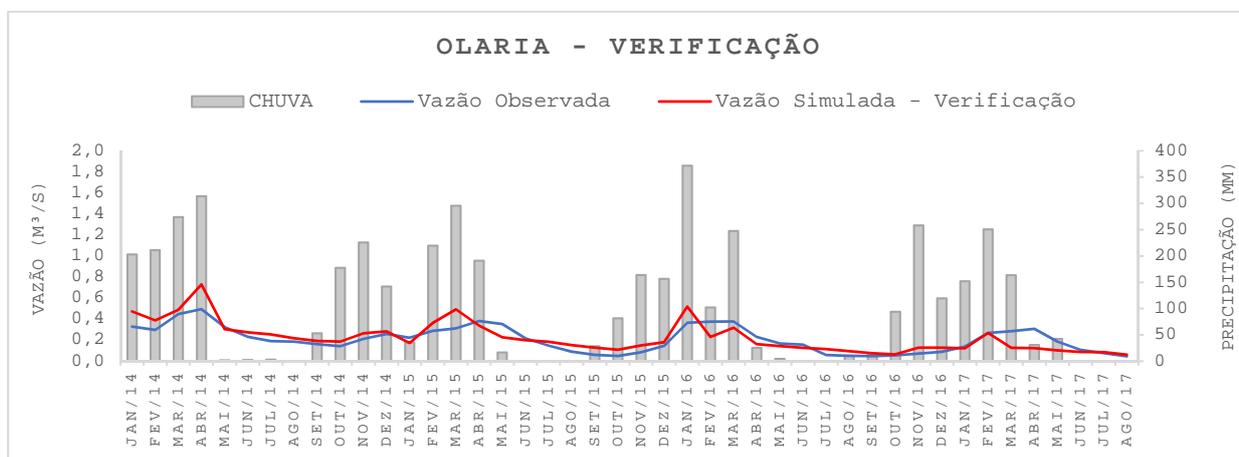


Figura 124 – Hidrogramas observado e simulado no período de verificação na sub-bacia do Córrego Olaria.

Tabela 59 - Coeficientes de Eficiência resultantes da calibração da sub-bacia do Córrego Olaria.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas	Desempenho - Com Demandas	Desempenho - Calibração	Desempenho - verificação
NSE	-0.59	-0.41	-0.11	0.33	0.51
NSElog	0.22	0.28	0.04	0.60	0.67
NSEiq	0.23	0.10	-12.07	0.49	0.63
ErroMédio	60.94	55.02	45.97	32.92	37.92
ErroMax	366.67	292.76	177.43	265.85	120.00
R <sup>2</sup>	0.61	0.61	0.62	0.54	0.66

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

A calibração da bacia do córrego Olaria não se mostrou satisfatória quanto ao NSE. As vazões mais altas, em geral, não foram bem representadas nas simulações. Mesmo não sendo suficiente a calibração apresentou uma melhora nos coeficientes, no NSE de -0,11 para 0,33. Comparativamente a simulação inicial, o erro máximo teve um aumento expressivo, de 177% para 265%. O NSElog apresentou valores mostrando uma boa simulação (NSElog = 0,60). O NSEiq de 0,49 comparado ao NSE de 0,33 condiz com a análise de que as vazões mais baixas foram simuladas mais adequadamente que as vazões mais altas.

A análise de regressão linear foi feita para a comparação das vazões observadas e simuladas (Figura 125).

Variável	Observações	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Observado	211	0.000	0.845	0.269	0.149
Simulado	211	0.062	1.104	0.269	0.177

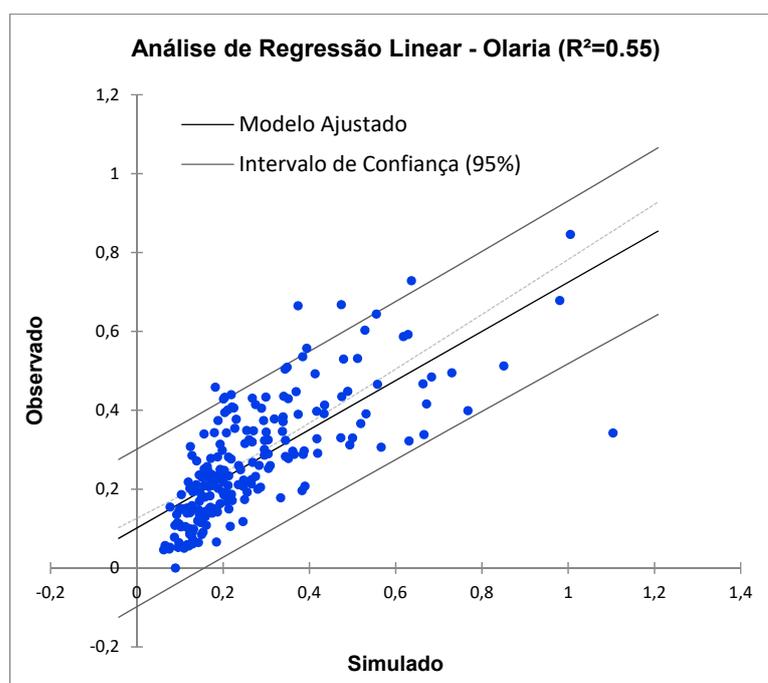


Figura 125 – Análise de regressão linear das vazões simuladas e observadas do córrego Olaria na série histórica de 2000 a 2017.

Na bacia do córrego Olaria, 55% da variabilidade da vazão simulada é explicada pela vazão observada.

O gráfico nos permite visualizar os dados, a linha de regressão (o modelo ajustado) e o intervalo de confiança, neste caso, 95%. Algumas vazões mais altas ficaram fora do intervalo de confiança de 95%, mostrando a subestimativa dessas vazões. Apenas uma única vazão mais baixa foi superestimada e ficou fora do intervalo de confiança de 95%. É possível ainda observar um

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

espalhamento alto do modelo ajustado, tanto nas vazões altas quanto nas vazões baixas. Porém ressalta-se que os erros de simulação foram maiores nas vazões mais altas.

### 14.3 - Sub-bacia do Córrego Chapadinha

O intervalo adotado para a calibração, juntamente com os valores dos parâmetros que apresentaram o melhor ajuste na modelagem da vazão da sub-bacia do Rio Descoberto são apresentados na Tabela 60.

Na Figura 126 são apresentados os hidrogramas observado e simulado pelo SWAT após a calibração automática dos parâmetros, na sub-bacia do córrego Chapadinha. Em seguida é apresentada a Tabela 61 que traz os valores dos coeficientes de eficiência obtidos com o processo de calibração do modelo. Na Figura 127 é apresentada a verificação do modelo.

Tabela 60 - Intervalo de variação do parâmetro e valor selecionado na calibração da vazão da sub-bacia do Córrego Chapadinha.

Parâmetro	Calibração		
	Valor de Calibração	Valor Mínimo	Valor Máximo
1:R_CN2.mgt	-0.2552	-0.4	0.4
2:V_ALPHA_BF.gw	0.419	0	1
3:V_GW_DELAY.gw	76.949997	0	450
4:V_GWQMN.gw	4325	0	5000
5:V_ESCO.bsn	0.211	0	1
6:V_GW_REVAP.gw	0.08282	0.02	0.2
7:V_SOL_AWC(..).sol	0.901	0	1
8:V_SOL_K(..).sol	8.7	0	100
9:V_SOL_BD(..).sol	1.2888	0.9	2.5
10:V_SHALLST.gw	625	0	1000
11:V_GWHT.gw	12.075	0	25
12:V_DEEPST.gw	141	0	3000
13:V_REVAPMN.gw	282.5	0	500
14:V_ANION_EXCL.sol	0.88615	0.01	1
15:V_SURLAG.bsn	11.138849	0.05	24
16:V_EPCO.bsn	0.615	0	1
17:V_RCHRG_DP.gw	0.1794	0	0.2
18:V_OV_N.hru	21.272911	0.01	30
19:R_WURCH(..).wus	0.174	-0.2	0.2
20:R_WUSHAL(..).wus	-0.0364	-0.2	0.2

\*Método: V: igualar; R: multiplicar; A: adicionar

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

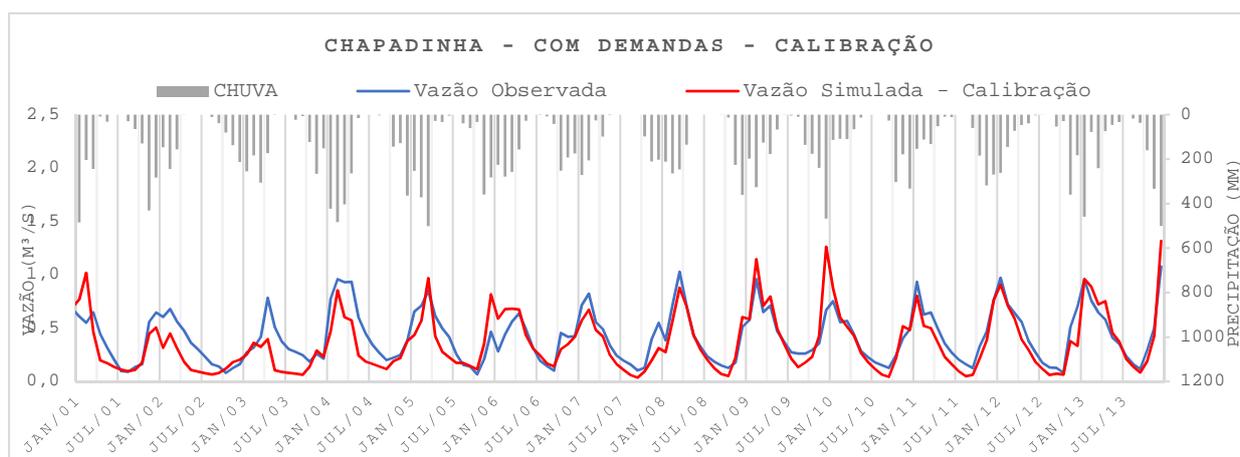


Figura 126 – Hidrogramas observado e simulado após calibração dos parâmetros na sub-bacia do Córrego Chapadinha.

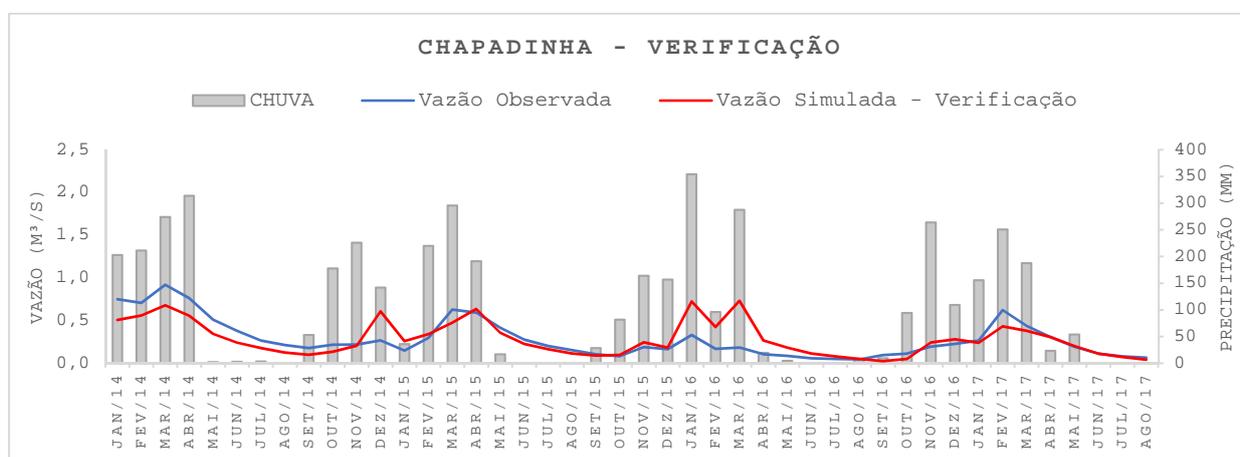


Figura 127 – Hidrogramas observado e simulado no período de verificação na sub-bacia do Rio Descoberto.

Tabela 61 - Coeficientes de Eficiência resultantes da calibração da sub-bacia do Córrego Chapadinha.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas	Desempenho - Com Demandas	Desempenho - Calibração	Desempenho - verificação
NSE	-1.03	-0.99	-0.93	0.58	0.50
NSElog	0.16	0.20	0.24	0.40	0.58
NSEiq	-0.63	0.08	0.36	-0.89	-0.42
ErroMédio	74.85	73.12	70.61	30.95	46.39
ErroMax	390.38	389.35	387.69	108.04	305.56
R <sup>2</sup>	0.60	0.60	0.61	0.72	0.53

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Quanto aos coeficientes de eficiência houve uma melhora significativa na simulação da vazão do córrego Chapadinha. A simulação inicial teve um NSE negativo (-0,93) e a calibração apresentou resultados (NSE =0,58) considerados satisfatórios para a modelagem, segundo Moriasi et al. (2007). O NSElog também foi superior à simulação inicial e teve uma melhora de 67%. Isso indica que a calibração foi eficiente em períodos de seca e chuva.

Porém, a melhora em NSElog não foi tão significativa quanto em NSE o que indicia e é possível observar que o modelo não respondeu bem o comportamento das vazões de recessão. Esse período refere-se à descarga do aquífero na ausência de abastecimento, no caso chuva.

Pelo gráfico de dispersão é possível observar que o modelo apresenta espalhamento ao longo de todos os níveis de vazão (Figura 128).

Na bacia do córrego Chapadinha, 68% da variabilidade da vazão simulada é explicada pela vazão observada.

Tanto as vazões mais altas quanto vazões mais baixas ficaram fora do intervalo de confiança de 95%, mostrando a subestimativa e superestimava, respectivamente, dessas vazões.

Variável	Observações	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Observado	211	0.044	1.076	0.389	0.242
Simulado	211	0.025	0.941	0.293	0.189

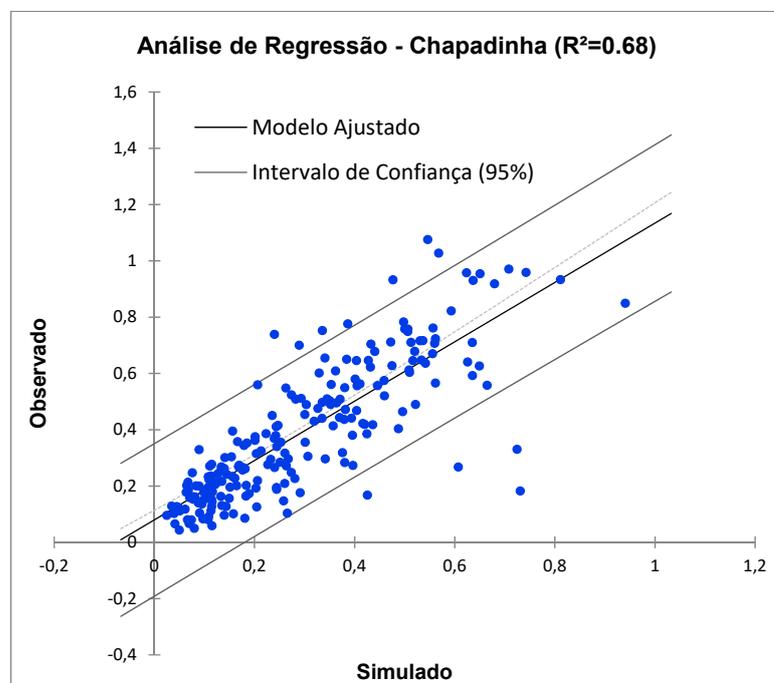


Figura 128 - Diagrama de Dispersão dos dados observados versus dados simulados da sub-bacia do córrego Chapadinha.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**14.4 - Sub-bacia do Ribeirão Rodeador**

O intervalo adotado para a calibração, juntamente com os valores dos parâmetros que apresentaram o melhor ajuste na modelagem da vazão da sub-bacia do Ribeirão Rodeador foram os mesmos adotados nas demais sub-bacias. Porém, o processo de calibração não foi eficiente e não encontrou resultados estatísticos superiores ao encontrado na simulação utilizando as demandas como uso de água ( $NSE = 0,68$ ), que indica que o modelo apresenta um padrão bom de simulação. Por isso, optou-se por não considerar a calibração feita e considerar os resultados encontrados na modelagem inicial com demandas.

Na Figura 129 são apresentados os hidrogramas observado e simulado pelo SWAT para o período de verificação do modelo na sub-bacia do Ribeirão Rodeador. Em seguida é apresentada a Tabela 61 que traz os valores dos coeficientes de eficiência obtidos em cada análise.

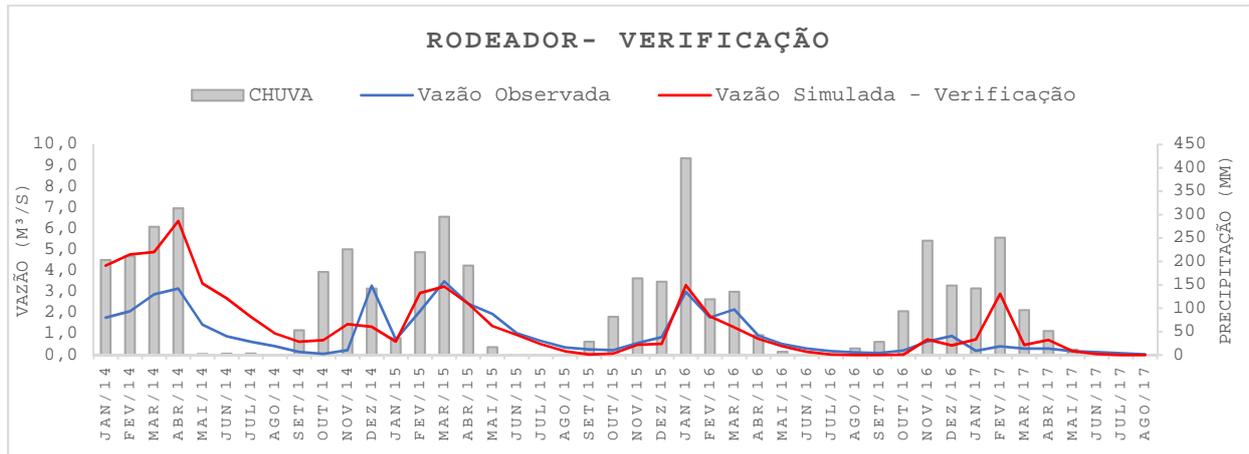


Figura 129 – Hidrogramas observado e simulado no período de verificação na sub-bacia do Rio Descoberto.

Tabela 62 - Coeficientes de Eficiência resultantes da calibração da sub-bacia do Córrego Ribeirão Rodeador.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas	Desempenho - Com Demandas	Desempenho - verificação
NSE	-0.52	0.19	0.68	-0.15
NSElog	-0.02	0.46	-Inf	-Inf
NSEiq	0.07	0.30	-Inf	-Inf
ErroMédio	193.00	110.77	37.79	123.10
ErroMax	1022.20	545.58	177.27	1083.30
R <sup>2</sup>	0.67	0.67	0.71	0.58

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

O gráfico de dispersão ressalta que as vazões baixas são subestimadas e há um maior espalhamento das vazões altas quando superestimadas (Figura 130). A vazão média observada é de 1,455 enquanto a vazão média simulada foi de 1,442, resultado bastante semelhante. O valor máximo de vazão observada foi de 6,490, enquanto o valor máximo da vazão simulada foi de 6,364, valores muito próximos também. Apenas o valor mínimo que a simulação apresentou valores nulos enquanto isso não acontece na realidade.

Variável	Observações	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Observado	211	0.032	6.490	1.455	1.295
Simulado	211	0.000	6.364	1.442	1.379

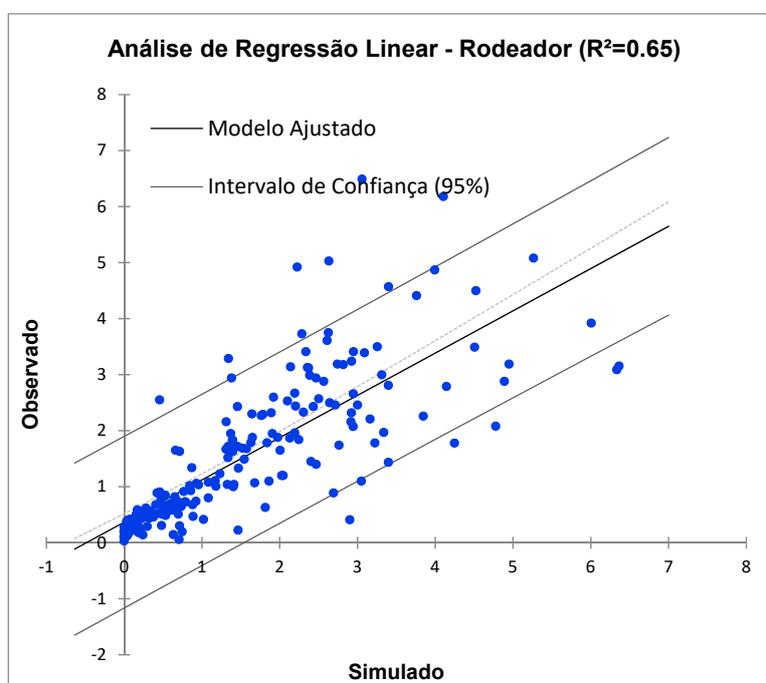


Figura 130 - Diagrama de Dispersão dos dados observados versus dados simulados da sub-bacia do ribeirão Rodeador para o período de 2000 a 2017.

#### 14.5 - Sub-bacia do Córrego Capão Comprido

O intervalo adotado para a calibração, juntamente com os valores dos parâmetros que apresentaram o melhor ajuste na modelagem da vazão da sub-bacia do Córrego Capão Comprido são apresentados na Tabela 63.

Na Figura 131 são apresentados os hidrogramas observado e simulado pelo SWAT após a calibração automática dos parâmetros, na sub-bacia do Córrego Capão Comprido. Em seguida

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

é apresentada a Tabela 64 que traz os valores dos coeficientes de eficiência obtidos com o processo de calibração do modelo.

Tabela 63 - Intervalo de variação do parâmetro e valor selecionado na calibração da vazão da sub-bacia do Córrego Capão Comprido.

Parâmetro	Calibração		
	Valor de Calibração	Valor Mínimo	Valor Máximo
1:R_CN2.mgt	0.3592	-0.4	0.4
2:V_ALPHA_BF.gw	0.083	0	1
3:V_GW_DELAY.gw	123.75	0	450
4:V_GWQMN.gw	335	0	5000
5:V_ESCO.bsn	0.463	0	1
6:V_GW_REVAP.gw	0.14402	0.02	0.2
7:V_SOL_AWC(..).sol	0.079	0	1
8:V_SOL_K(..).sol	6.5	0	100
9:V_SOL_BD(..).sol	2.4632	0.9	2.5
10:V_SHALLST.gw	909	0	1000
11:V_GWHT.gw	24.725	0	25
12:V_DEEPST.gw	333	0	3000
13:V_REVAPMN.gw	439.5	0	500
14:V_ANION_EXCL.sol	0.93763	0.01	1
15:V_SURLAG.bsn	10.61195	0.05	24
16:V_EPCO.bsn	0.215	0	1
17:V_RCHRG_DP.gw	0.1298	0	0.2
18:V_OV_N.hru	29.55015	0.01	30
19:R_WURCH(..).wus	-0.0812	-0.2	0.2
20:R_WUSHAL(..).wus	0.1772	-0.2	0.2

\*Método: V: igualar; R: multiplicar; A: adicionar

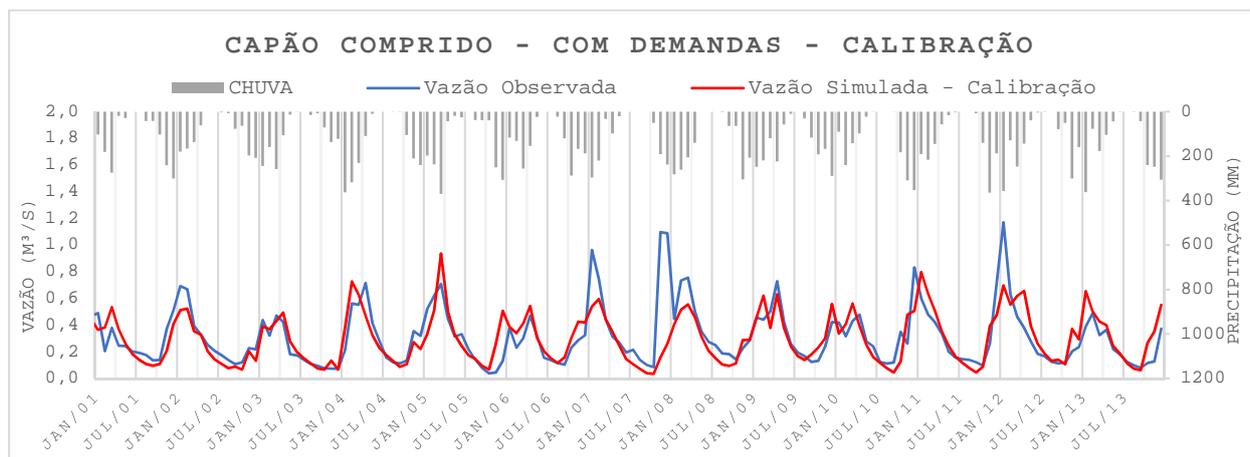


Figura 131 – Hidrogramas observado e simulado após calibração dos parâmetros na sub-bacia do Córrego Capão Comprido.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

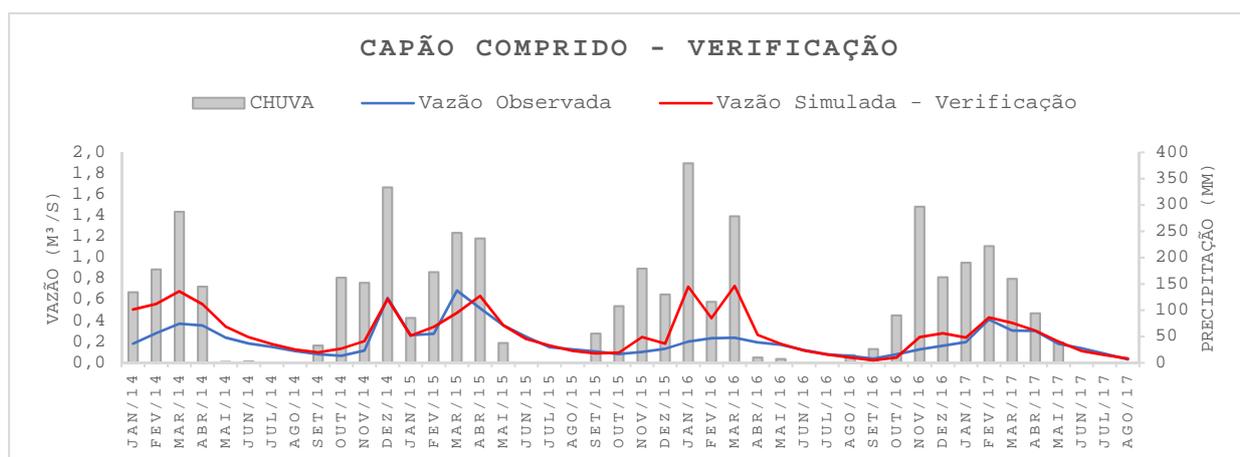


Figura 132 – Hidrogramas observado e simulado no período de verificação na sub-bacia do Rio Descoberto.

Tabela 64 - Coeficientes de Eficiência resultantes da calibração da sub-bacia do Córrego Capão Comprido.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas	Desempenho - Com Demandas	Desempenho - Calibração	Desempenho - verificação
NSE	0.12	0.35	0.37	0.48	-0.14
NSElog	0.23	0.43	0.38	0.59	0.56
NSEiq	0.15	-2.26	-6.15	0.26	0.47
ErroMédio	72.04	45.21	42.42	35.57	47.12
ErroMax	595.65	412.83	383.48	465.22	260.00
R <sup>2</sup>	0.39	0.40	0.39	0.50	0.53

A calibração do modelo para a sub-bacia do Córrego Capão Comprido apresentou resultado baixo, mas satisfatório quanto ao NSE (NSE = 0,48). Quanto ao NSElog a calibração foi considerada satisfatória. Em alguns anos é possível observar que o modelo apresenta dificuldades em simular a recuperação do aquífero, na ascensão do hidrograma. De um modo geral, essa observação condiz com os valores computados de NSEiq (0,26) que comparados ao valor de NSE (0,48) indica que o modelo não foi capaz de simular bem as vazões mais baixas, comparativamente às vazões mais altas. Essas observações são ressaltadas no gráfico de dispersão (Figura 133), onde é possível observar que o espalhamento não apresenta uma tendência em vazões unicamente altas ou unicamente baixas.

A média da vazão observada foi de 0,291 enquanto a média da vazão simulada foi 0,293.

Variável	Observações	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Observado	211	0.032	1.170	0.291	0.205

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Simulado	211	0.025	0.941	0.293	0.189
----------	-----	-------	-------	-------	-------

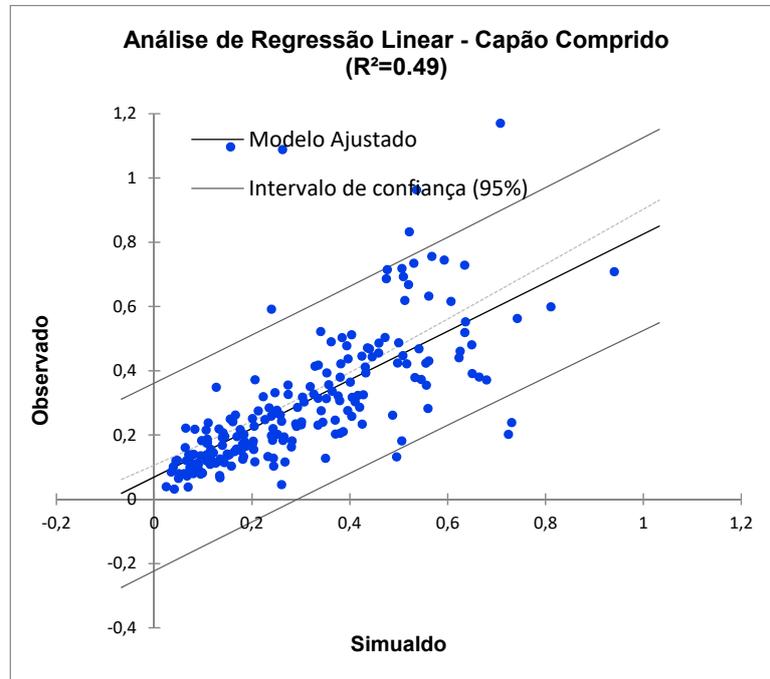


Figura 133 - Diagrama de Dispersão dos dados observados versus dados simulados da sub-bacia do córrego Capão Comprido.

#### 14.6 - Sub-bacia do Ribeirão das Pedras

O intervalo adotado para a calibração, juntamente com os valores dos parâmetros que apresentaram o melhor ajuste na modelagem da vazão da sub-bacia do Ribeirão das Pedras são apresentados na Tabela 65.

Na Figura 134 são apresentados os hidrogramas observado e simulado pelo SWAT após a calibração automática dos parâmetros, na sub-bacia do Ribeirão das Pedras. Em seguida é apresentada a Tabela 66 que traz os valores dos coeficientes de eficiência obtidos com o processo de calibração do modelo. Na Figura 135 é apresentado o hidrograma de verificação do modelo para o período de 2014 a 2017.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 65 - Intervalo de variação do parâmetro e valor selecionado na calibração da vazão da sub-bacia do Ribeirão das Pedras.

Calibração			
Parâmetro	Valor de Calibração	Valor Mínimo	Valor Máximo
1:R_CN2.mgt	-0.3256	-0.4	0.4
2:V_ALPHA_BF.gw	0.863	0	1
3:V_GW_DELAY.gw	320.850006	0	450
4:V_GWQMN.gw	125	0	5000
5:V_ESCO.bsn	0.235	0	1
6:V_GW_REVAP.gw	0.06014	0.02	0.2
7:V_SOL_AWC(..).sol	0.305	0	1
8:V_SOL_K(..).sol	92.700005	0	100
9:V_SOL_BD(..).sol	1.8712	0.9	2.5
10:V_SHALLST.gw	973	0	1000
11:V_GWHT.gw	4.425	0	25
12:V_DEEPST.gw	2589	0	3000
13:V_REVAPMN.gw	371.5	0	500
14:V_ANION_EXCL.sol	0.74359	0.01	1
15:V_SURLAG.bsn	17.03055	0.05	24
16:V_EPCO.bsn	0.051	0	1
17:V_RCHRG_DP.gw	0.1226	0	0.2
18:V_OV_N.hru	4.05865	0.01	30
19:R_WURCH(..).wus	0.1052	-0.2	0.2
20:R_WUSHAL(..).wus	0.054	-0.2	0.2

\*Método: V: igualar; R: multiplicar; A: adicionar

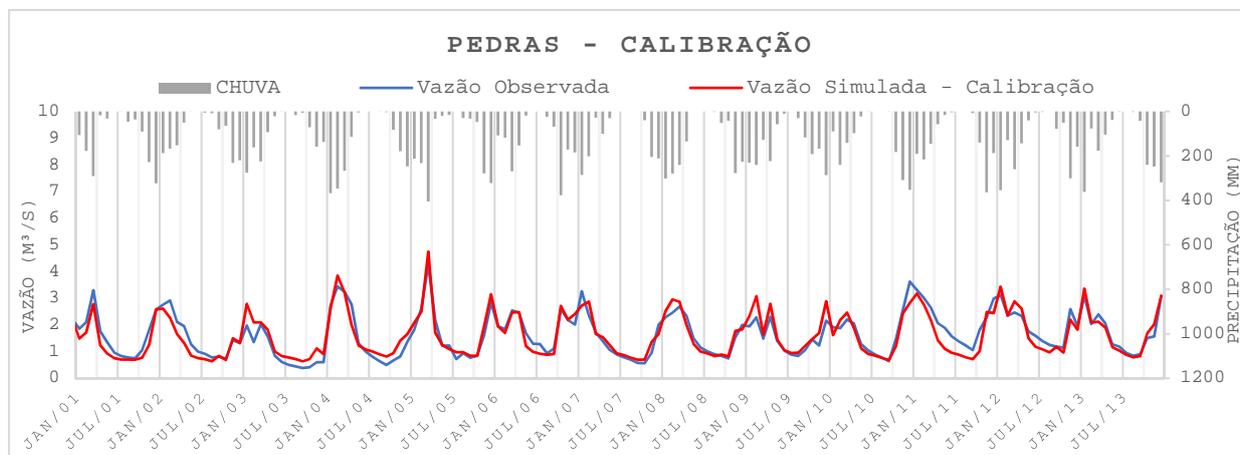


Figura 134 – Hidrogramas observado e simulado após calibração dos parâmetros na sub-bacia do Ribeirão das Pedras.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

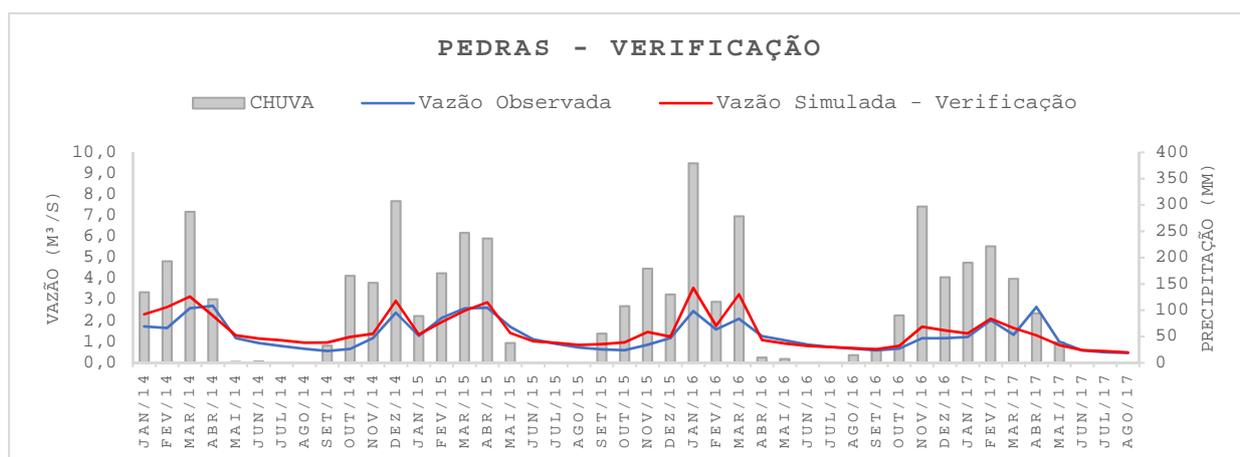


Figura 135 – Hidrogramas observado e simulado no período de verificação na sub-bacia do Rio Descoberto.

Tabela 66 - Coeficientes de Eficiência resultantes da calibração da sub-bacia do Ribeirão das Pedras.

ID	Desempenho - Simulação Inicial	Desempenho - Com Outorgas	Desempenho - Com Demandas	Desempenho - Calibração	Desempenho - verificação
NSE	0.27	0.62	0.51	0.83	0.58
NSElog	0.42	0.58	0.47	0.82	0.73
NSEiq	0.18	-0.28	-5.50	0.74	0.76
ErroMédio	42.71	29.48	32.36	18.29	24.63
ErroMax	189.84	150.00	151.80	86.67	86.36
R <sup>2</sup>	0.72	0.72	0.73	0.84	0.73

A sub-bacia do Ribeirão das Pedras foi a que apresentou melhores resultados quanto a calibração do modelo. Um dos possíveis motivos pode ser devido a que essa é uma das bacias que apresenta menor uso da água e menores áreas que demandam usos, sendo esse um fator que vem sendo destacado como a maior dificuldade de representação na simulação com o modelo SWAT.

O NSE subiu em aproximadamente 63% com o ajuste dos parâmetros e de 74% no NSElog indicando uma expressiva melhora nas vazões de base após a calibração. Melhora essa demonstrada nos valores computados de NSEiq, onde passou de -5,5 para 0,74. Outra expressiva melhora foi no erro médio, onde este foi reduzido em 43%.

Graficamente é possível observar a aderência do modelo às vazões observadas e o gráfico de dispersão (Figura 136) corrobora com a avaliação, além disso indica que os erros não se concentram apenas nas vazões baixas ou altas e sim há uma dispersão padrão ao longo de todos

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

os níveis de vazão. A vazão média observada foi de 1,562 m<sup>3</sup>/s enquanto a simulada foi de 1,553 m<sup>3</sup>/s. Valores bastante próximos.

Variável	Observações	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Observado	211	0.384	4.259	1.562	0.794
Simulado	211	0.242	4.757	1.553	0.824

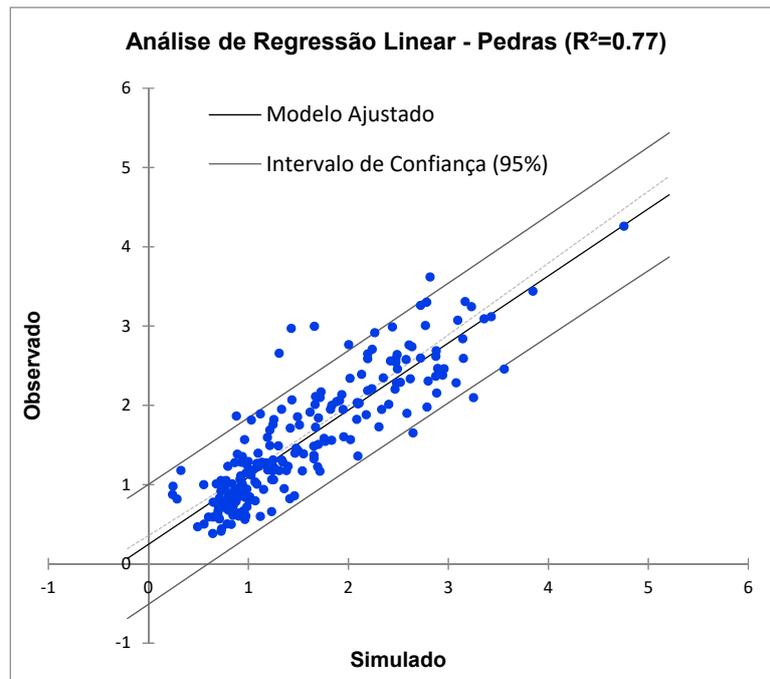


Figura 136 - Diagrama de Dispersão dos dados observados versus dados simulados da sub-bacia do Ribeirão das Pedras.

#### 14.7 - Sub-bacias não monitoradas

Devido a simulação efetiva da sub-bacia do Ribeirão das Pedras e proximidade das sub-bacias não monitoradas optou-se por utilizar os valores de calibração obtidos para ajustar os parâmetros das bacias que não apresentam monitoramento e por isso o processo analítico de comparação entre as vazões observadas e simuladas não pode ser feito.

Na Tabela 67 são apresentados os valores adotados para a calibração da vazão nas sub-bacias não monitoradas.

Tabela 67 – Valores adotados para a calibração da vazão das sub-bacias não monitoradas.

Parâmetro	Valor de Calibração
1:R_CN2.mgt	-0.3256
2:V_ALPHA_BF.gw	0.863
3:V_GW_DELAY.gw	320.850006

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

4:V__GWQMN.gw	125
5:V__ESCO.bsn	0.235
6:V__GW_REVAP.gw	0.06014
7:V__SOL_AWC(..).sol	0.305
8:V__SOL_K(..).sol	92.700005
9:V__SOL_BD(..).sol	1.8712
10:V__SHALLST.gw	973
11:V__GWHT.gw	4.425
12:V__DEEPST.gw	2589
13:V__REVAPMN.gw	371.5
14:V__ANION_EXCL.sol	0.74359
15:V__SURLAG.bsn	17.03055
16:V__EPCO.bsn	0.051
17:V__RCHRG_DP.gw	0.1226
18:V__OV_N.hru	4.05865
19:R__WURCH(..).wus	0.1052
20:R__WUSHAL(..).wus	0.054

\*Método: V: igualar; R: multiplicar; A: adicionar

Na Figura 137 é apresentado o hidrograma com as vazões simuladas com a demanda, conforme apresentado no item 12.3 e com as vazões simuladas após a calibração na sub-bacia do córrego Buriti-Chato. É possível observar, comparativamente à vazão simulada sem calibração, que as vazões, mas altas foram aumentadas ao longo dos períodos de chuva e as vazões mais baixas foram diminuídas ao longo dos períodos de seca, após a calibração dos parâmetros.

Na Figura 138 é exposto um histograma, que tem o intuito de ilustrar como a frequência relativa da vazão simulada está distribuída ao longo da série histórica. O intervalo de vazões com maior frequência (36% do tempo) foi de 0,07 m<sup>3</sup>/s a 0,10 m<sup>3</sup>/s.

Na Tabela 68 é mostrado um resumo estatístico das vazões simuladas na sub-bacia do Córrego Buriti-Chato para o período histórico de 2000 a 2017. A vazão média simulada foi de 0,121 m<sup>3</sup>/s. O valor mínimo de vazão foi de 0,036 m<sup>3</sup>/s e o valor máximo de 0,321 m<sup>3</sup>/s.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

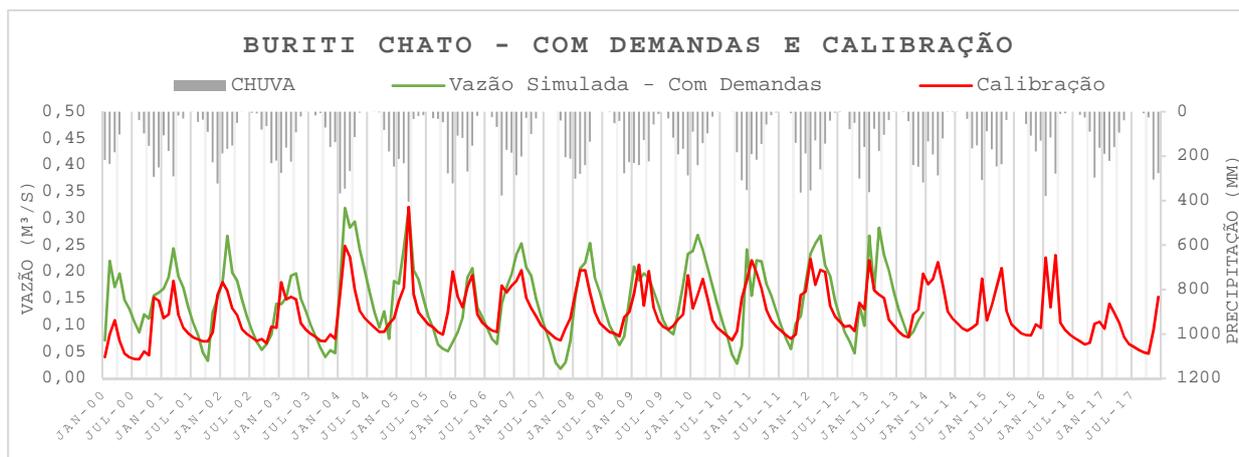


Figura 137 - Hidrograma de vazão simulada com demandas e com calibração na sub-bacia do córrego Buriti-Chato.

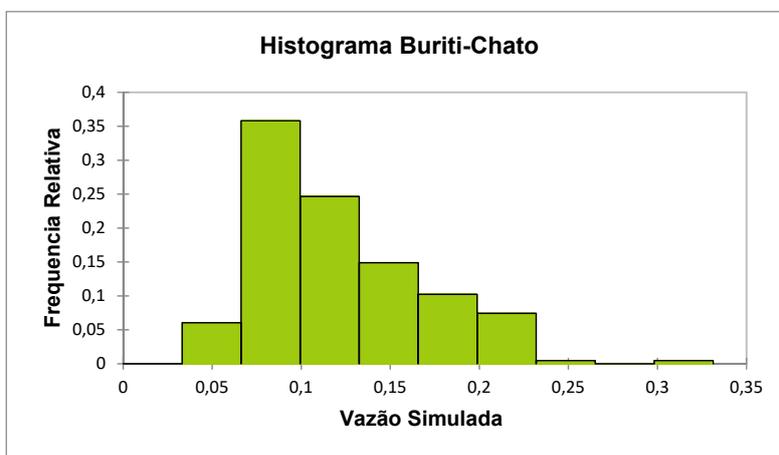


Figura 138 - Histograma das vazões simuladas da Sub-bacia do Córrego Buriti-Chato.

Tabela 68 - Resumo estatístico das vazões simuladas na sub-bacia do Córrego Buriti-Chato para o período histórico de 2000 a 2017.

Variável Simulado	Observações	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
	211	0.036	0.321	0.121	0.048

Na Figura 139 é apresentado o hidrograma com as vazões simuladas com a demanda, conforme apresentado no item 12.3 e com as vazões simuladas após a calibração na sub-bacia do córrego Rocinha-DF. É possível observar, comparativamente à vazão simulada sem calibração, que as vazões, mas altas foram aumentadas ao longo dos períodos de chuva e as vazões mais baixas foram diminuídas ao longo dos períodos de seca, após a calibração dos parâmetros.

Na Figura 140 é exposto um histograma, que tem o intuito de ilustrar como a frequência relativa da vazão simulada está distribuída ao longo da série histórica. O intervalo de vazões com maior frequência (35% do tempo) foi de 0,06 m³/s a 0,09 m³/s.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Na Tabela 69 é mostrado um resumo estatístico das vazões simuladas na sub-bacia do Córrego Buriti-Chato para o período histórico de 2000 a 2017. A vazão média simulada foi de 0,108 m<sup>3</sup>/s. O valor mínimo de vazão foi de 0,023 m<sup>3</sup>/s e o valor máximo de 0,287 m<sup>3</sup>/s.

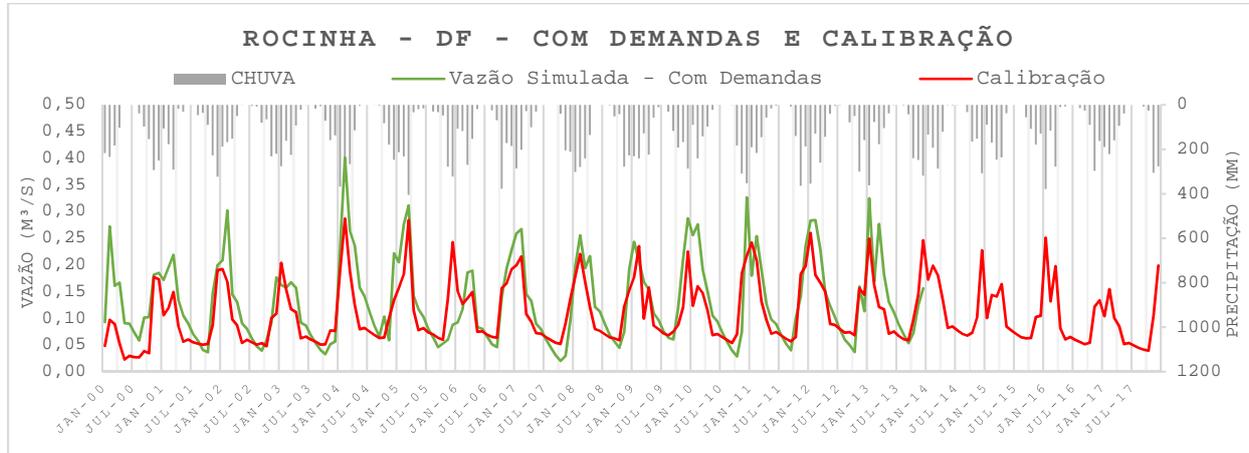


Figura 139 - Hidrograma de vazão simulada com demandas e com calibração na sub-bacia do córrego Rocinha DF.

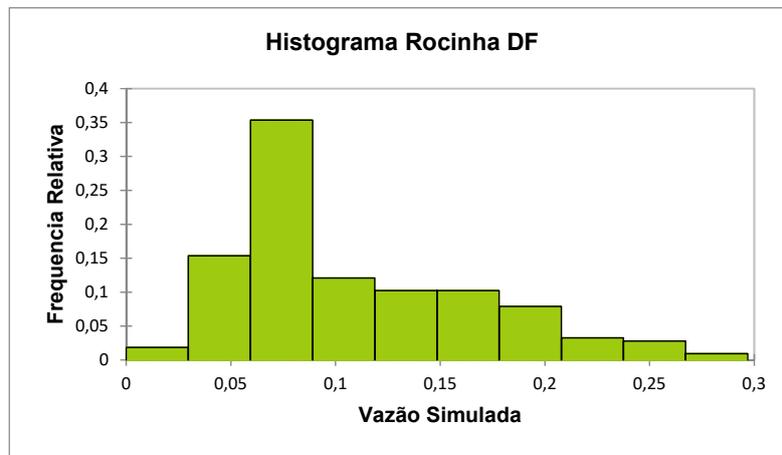


Figura 140 - Histograma das vazões simuladas da Sub-bacia do Córrego Rocinha DF.

Tabela 69 - Resumo estatístico das vazões simuladas na sub-bacia do Córrego Rocinha DF para o período histórico de 2000 a 2017.

Variável Simulado	Observações	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
	211	0.023	0.287	0.108	0.057

Na Figura 141 é apresentado o hidrograma com as vazões simuladas com a demanda, conforme apresentado no item 12.3 e com as vazões simuladas após a calibração na sub-bacia do córrego do Meio. É possível observar, comparativamente à vazão simulada sem calibração, que

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

as vazões, mas altas foram aumentadas ao longo dos períodos de chuva e as vazões mais baixas foram diminuídas ao longo dos períodos de seca, após a calibração dos parâmetros.

Na Figura 142 é exposto um histograma, que tem o intuito de ilustrar como a frequência relativa da vazão simulada está distribuída ao longo da série histórica. O intervalo de vazões com maior frequência (30% do tempo) foi de 0,06 m<sup>3</sup>/s a 0,09 m<sup>3</sup>/s.

Na Tabela 70 é mostrado um resumo estatístico das vazões simuladas na sub-bacia do Córrego Buriti-Chato para o período histórico de 2000 a 2017. A vazão média simulada foi de 0,04 m<sup>3</sup>/s. O valor mínimo de vazão foi de 0,006 m<sup>3</sup>/s e o valor máximo de 0,129 m<sup>3</sup>/s.

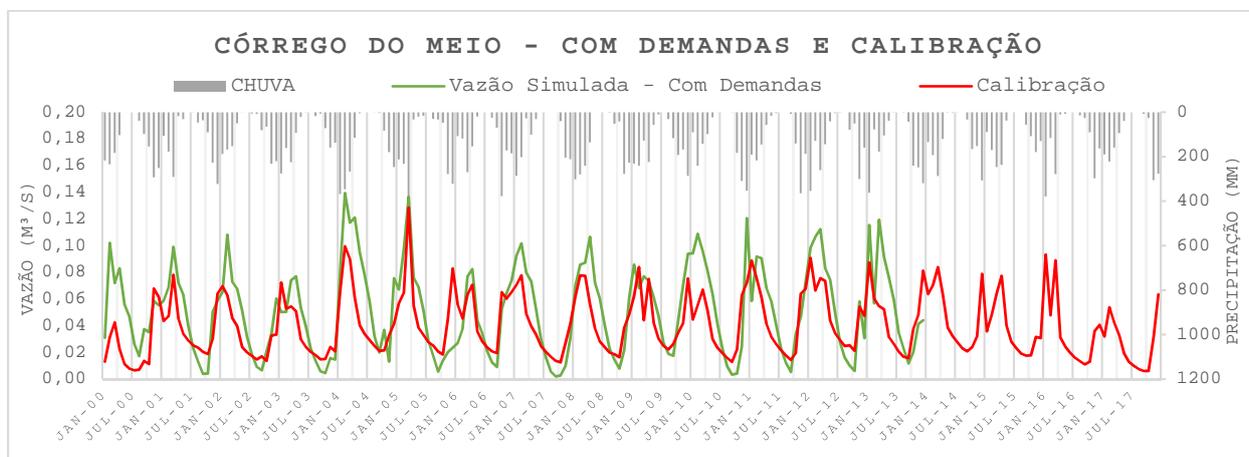


Figura 141 - Hidrograma de vazão simulada com demandas e com calibração na sub-bacia do córrego do Meio.

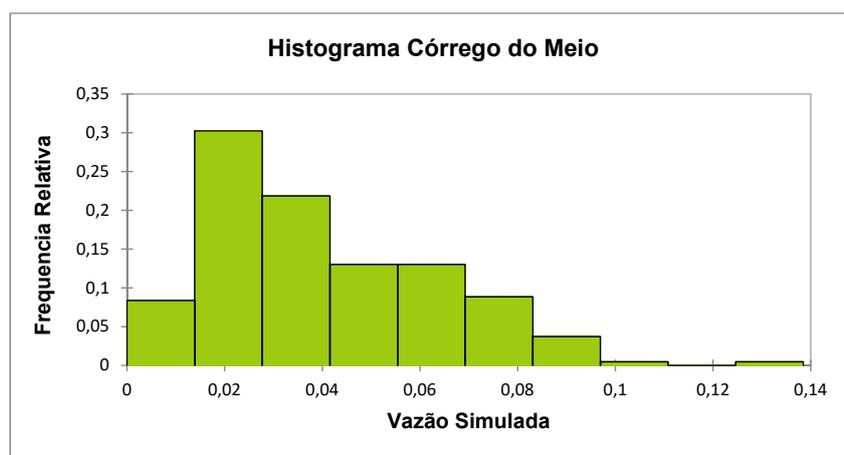


Figura 142 - Histograma das vazões simuladas da Sub-bacia do Córrego do Meio.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 70 - Resumo estatístico das vazões simuladas na sub-bacia do Córrego do Meio para o período histórico de 2000 a 2017.

Variável	Observações	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Simulado	211	0.006	0.129	0.040	0.023

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO****15 - CONCLUSÕES**

O presente estudo permitiu avaliar a disponibilidade de recursos hídricos na bacia do Alto Descoberto, tendo sido apresentadas as principais estações pluviométricas e fluviométricas adotadas para caracterização da disponibilidade hídrica na bacia. Para as estações fluviométricas apresentadas foram mostradas as estatísticas de vazões médias, médias máximas, médias mínimas e curvas de permanência. Também foi realizada uma caracterização climática da área de estudo, além de apresentar mapas de uso e ocupação do solo e mapa pedológico para a área de estudo.

Quanto ao fluxo de base foi possível observar uma redução estatisticamente significativa ao longo da série histórica analisada (1980 a 2014) em todas as sub-bacias monitoradas. Além disso, com o teste de homogeneidade foi observado uma quebra nas séries de vazão, e os anos de ocorrência foram entre 1992 e 1996. A redução observada entre as médias das séries deslocadas foi de 50% no Descoberto, 35% no Rodeador e 17% no Pedras.

Os resultados obtidos na calibração do modelo foram satisfatórios para todas as sub-bacias estudadas. Nas bacias de maior importância hídrica para o Descoberto, de maior volume de descarga superficial e subterrânea, as simulações após a calibração apresentaram valores muito bons de coeficientes de eficiência. Em relação ao NSE foram computados valores de 0,77, 0,68 e 0,83 respectivamente para as bacias Descoberto, Rodeador e Pedras. Esses resultados indicam que o modelo pode responder satisfatoriamente a avaliações de impactos quanto as mudanças de uso e manejo do solo, principalmente, quanto ao uso de água para irrigação, maior demanda na bacia estudada. Vale ressaltar que o modelo não é a realidade em si, e apresenta incertezas e erros durante as simulações devido a complexidade inerente em representação um sistema hídrico, por isso recomenda-se cautela no uso dos dados e informações geradas nas simulações.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**16 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ADASA - Agência Reguladora de Águas, E. e. (2011). *Mapa Hidrográfico do Distrito Federal*. Brasília.
- ADASA-ECOPLAN. (2012). *Revisão e Atualização do Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal-PGIRH. Relatório Final - Volume I - DIAGNÓSTICO*. Brasília-DF.
- Abbaspour, K. C. (2012). *SWAT-CUP 2012: SWAT Calibration and Uncertainty Programs - A user Manual*.
- Adriolo, M.V.; Santos, I.; Gibertoni, R.C. & Camargo, A.S.G. *Calibração do modelo SWAT para a produção e transporte de sedimentos*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 6., Belo Horizonte, 2008. Anais... Belo Horizonte, 2008.
- Allen, R. G., and ASCE, M. (1987). “A Penman for all seasons.” *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*.
- Allen, R. G., Jensen, M. E., Wright, J. L., and Burman, R. D. (1989). “Operational Estimates of Reference Evapotranspiration.” *Agronomy Journal*.
- Arnold, B. J. G., and Williams, J. R. (1987). “The percolation component uses a storage routing model combined with a crack-flow model to predict flow through the root zone . Evapo- transpiration ( ET ) is estimated using Ritchie’s ET model ( Ritchie 1972 ). Transmission losses in the stream channel.” 113(2), 243–256.
- Arnold, J. G., and Allen, P. M. (1999). “Automated methods for estimating baseflow and ground water recharge from streamflow records.” *Journal of the American Water Resources Association*, 35(2), 411–424.
- Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R., Haney, E. B., and Neitsch, S. L. (2012a). *Soil & Water Assessment Tool - Input/Output Documentation*.
- Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., and Williams, J. R. (1998). “Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development.” *Journal of the American Water Resources Association*, 34(1), 73–89.
- Arnold, J., Moriasi, D., Gassman, P. W., Abbaspour, K. C., White, M. J., Srinivasan, R., Santhi, C., Harmel, R. D., van Griensven, a., Van Liew, M. W., Kannan, N., and Jha, M. K. (2012b). “SWAT: Model use, calibration, and validation.” *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 55(4), 1491–1508.
- ASCE. (1996). *Hydrology Handbook*. (A. S. O. C. Engineers, ed.).
- Beven, K. (2006). “A manifesto for the equifinality thesis.” *Journal of Hydrology*, 320(1–2), 18–36.
- Brown, L. C., and Barnwell, T. O. J. (1987). “The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and user model.”
- Brutsaert, W. (2005). *Hydrology: an Introduction*. Cambridge University Press.
- Castro, K. B. (2013). “Avaliação do modelo SWAT na simulação da vazão em bacia agrícola do cerrado intensamente monitorada.” Universidade de Brasília.
- Collischonn, W., and Tucci, C. E. M. (2003). “Ajuste Multiobjetivo dos Parâmetros de um Modelo Hidrológico.” *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8(1), 27–39.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

- Duan, Q., Gupta, H. V., Sorooshian, S., Rousseau, A. N., and Turcotte, R. (2003). *Calibration of Watershed Models (Water Science and Application, 6)*.
- Engel, B. A., Srinivasan, R., Arnold, J., Rewerts, C., and Brown, S. J. (1993). “Nonpoint source (NPS) pollution modeling using models integrated with geographic information systems (GIS).” *Water Science and Technology*.
- Easton, Z. M., Fuka, D. R., Walter, M. T., Cowan, D. M., Schneiderman, E. M., & Steenhuis, T. S. (2008). Re-conceptualizing the soil and water assessment tool (SWAT) model to predict runoff from variable source areas. *Journal of Hydrology, 348*, pp. 279-291.
- EMBRAPA, E. B. (2006). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (2a Edição).
- Ferrigo, S. (2014). “Análise De Consistência Dos Parâmetros Do Modelo Swat Obtidos Por Calibração Automática – Estudo De Caso Da Bacia Do Lago Descoberto - Df.” Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília.
- Ferrigo, S., Minoti, R., and Koide, S. (2011). “Utilização do modelo SWAT (soil nd water assessment tool) na estimativa de produção de sedimentos decorrentes de diferentes cenários de uso do solo na bacia do córrego Capão Comprido no Distrito Federal.” *XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, ABRH, Maceió, 1–20.
- Ferrigo, S., Minoti, R., and Koide, S. (2013). “Avaliação da utilização de diferentes métodos na calibração automática do modelo SWAT.” *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, ABRH, Bento Gonçalves, 1–8.
- Ferrigo, S., Minoti, R., Roig, H., and Koide, S. (2012). “Análise do modelo SWAT na simulação de produção de sedimentos quando calibrado unicamente para vazão em uma pequena bacia hidrográfica rural.” *X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos*, ABRH, Foz do Iguaçu, 1–18.
- Ferrigo, S., Minoti, R. T., Roig, H., and Koide, S. (2014a). “Assessment of the applicability of the SWAT model to simulate the streamflow in a rural catchment in the Federal District (Brazil).” *2014 International SWAT Conference*, SWAT, Porto de Galinhas, PE - Brazil.
- Ferrigo, S., Távora, B. E., Minoti, R. T., Lima, J. E. F. W., and Koide, S. (2014b). “Avaliação de possíveis impactos das mudanças climáticas e do uso do solo sobre a produção de sedimentos em bacia hidrográfica no Distrito Federal.” *XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos*, ABRH, João Pessoa, 1–15.
- Garbossa, L. H. P., Vasconcelos, L. R., Lapa, K. R., Blainski, E., and Pinheiro, A. (2011). “The use and results of the Soil Water Assessment Tool in Brazil : A Review from.” *2011 Internetalional SWAT Conference & Workshops*, 27.
- Gassman, P. W., Reyes, M. R., Green, C. H., and Arnold, J. G. (2007). *The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development , Applications , and Future Research Directions*.
- van Griensven, a., Meixner, T., Grunwald, S., Bishop, T., Diluzio, M., and Srinivasan, R. (2006). “A global sensitivity analysis tool for the parameters of multi-variable catchment models.” *Journal of Hydrology, 324*(1–4), 10–23.
- Gupta, H. V., Sorooshian, S., and Yapo, P. O. (1998). “Toward improved calibration of hydrologic models: Multiple and noncommensurable measures of information.” *Water Resources Research, 34*(4), 751.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO  
HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

- Hall, M. J. (2001). “How well does your model fit the data?” *Journal of Hydroinformatics*, 03.1, 49–55.
- Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics*. Academic Press.
- Im, S., Brannan, K., Mostaghimi, S., and Cho, J. (2003). “A Comparison of SWAT and HSPF Models for Simulating Hydrologic and Water Quality Responses from an Urbanizing Watershed.” *An ASAE Meeting Presentation*, 300(32175).
- Kemarian, A. R., Julich, S., Manoranjan, V. S., and Arnold, J. R. (2011). “Integrating soil carbon cycling with that of nitrogen and phosphorus in the watershed model SWAT: Theory and model testing.” *Ecological Modelling*, Elsevier B.V., 222(12), 1913–1921.
- Knisel, W. G., and Nicks, A. D. (1980). “CREAMS - Volume I. Model Documentation.” *CREAMS: A Field-Scale Model for Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems*.
- Krause, P., and Boyle, D. P. (2005). “Advances in Geosciences Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment.” *Advances in Geosciences*, 5, 89–97.
- Legates, D. R., and McCabe, G. J. (1999). “Evaluating the use of ‘goodness-of-fit’ measures in hydrologic and hydroclimatic model validation.” *Water Resources Research*, 35(1), 233–241.
- Leonard, R. a., Knisel, W. G., and Still, D. a. (1987). “GLEAMS: Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems.” *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*.
- Lima, J. E. F. W., Castro, K. B. De, Carvalho, F. H. De, Ferrigo, S., Roig, H. L., and Lacerda, M. P. C. (2012). “Preliminary results of the SWAT model application in an experimental rural catchment of the Brazilian savanna.” *2015 Sardinia SWAT Conference: Climate Change Applications*, SWAT, Sardinia - Italy, 105.
- Moriasi, D., Arnold, J., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., and Veith, T. L. (2007). “Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations.” *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885–900.
- Mosley, M. ., and McKerchar, A. I. (1992). *Streamflow. Chapter 8 in Maidment (1992)*.
- Nasr, A., Bruen, M., Jordan, P., Moles, R., Kiely, G., and Byrne, P. (2007). “A comparison of SWAT, HSPF and SHETRAN/GOPC for modelling phosphorus export from three catchments in Ireland.” *Water Research*, 41(5), 1065–1073.
- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models, Part I- A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, pp. 282-290.
- Neumann, M. B. (2012). Mapeamento Digital de Solos No Distrito Federal. *Tese de Doutorado submetida ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como parte dos pré-requisitos necessários para obtenção do título de doutor em Geociências Aplicadas*.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. R., Kiniry, J. R., and Williams., J. R. (2009). *Soil and Water Assessment Tool - Theoretical Documentation: Version 2009. Soil and Water Assessment Tool*.
- Priestley, C. H. B., and Taylor, R. J. (1972). “On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters.” *Monthly Weather Review*, 100(February), 81–92.
- Pushpalatha, R., Perrin, C., Le, N., and Andréassian, V. (2012). “A review of efficiency criteria suitable for evaluating low-flow simulations.” *Journal of Hydrology*, Elsevier B.V., 420–421, 171–182.

**PRODUTO 2 – ESTUDO TÉCNICO SOBRE AS DISPONIBILIDADES DO RECURSO HÍDRICO NA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

- Reatto, A., Martins, E. S., Cardoso, E. A., Spera, S. T., Carvalho Jr., O. A., Silva, A. V., & Farias, M. F. (2003). Levantamento reconhecimento de solos de alta intensidade do alto curso do rio Descoberto DF/GO, escala 1:100000. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento número 92*.
- Sampaio, M. S., Alves, M. C., Carvalho, L. G., & Sanches, L. (2011). Uso do Sistema de Informação Geográfica para comparar a classificação climática de Koppen-Geiger e de Thornthwaite. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, p. 8857.
- Saleh, a, and Du, B. (2004). “Evaluation of Swat and Hspf Within Basins Program for the Upper North Bosque River Watershed in Central Texas.” *American Society of Agricultural Engineers*, 47(4), 1039–1050.
- Salles, L. A. (2012). “Calibração e Verificação do Modelo SWAT para a predição de vazões na bacia do Ribeirão Pipiripau.” Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade de Brasília.
- Santos, M. S. (2007). “Determinação de Escoamentos Mínimos e Separação de Escoamentos de Base na Bacia do Rio Descoberto.” Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Universidade de Brasília.
- Tang, Y., Reed, P., and Wagener, T. (2006). “How effective and efficient are multiobjective evolutionary algorithms at hydrologic model calibration?” *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(2), 289–307.
- Tucci, C. E. M. (2012). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Editora da UFRGS/ABRH, Porto Alegre.
- De Vos, N. J., and Rientjes, T. H. M. (2007). “Multi-objective performance comparison of an artificial neural network and a conceptual rainfall—runoff model.” *Hydrological Sciences Journal*, 52(3), 397–413.
- Zak, S. K., and Beven, K. J. (1999). “Equifinality, sensitivity and predictive uncertainty in the estimation of critical loads.” *Science of the Total Environment*, 236(1–3), 191–214.