

**EDITAL 05/2017**

**Projeto de Cooperação Técnica Internacional**

**PROJETO UNESCO 914BRZ2016**

**MODELAGEM HIDROLÓGICA DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**PRODUTO 6 – MODELAGEM HIDROLÓGICA DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO.**

Contrato: ADASA/UNESCO 914BRZ2016 – Edital 05/17	Produto: 06/06	Data: Fevereiro/2018
		Consultor: Patrícia Monteiro CREA 7675/D – MT Equipe executora: Sara Ferrigo

**INDICE**

1 -	APRESENTAÇÃO .....	3
2 -	OBJETIVOS .....	4
3 -	CONTEXTO DO ESTUDO .....	5
4 -	CARACTERIZAÇÃO HIDROGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO .....	28
5 -	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	33
6 -	CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E NORMAIS CLIMATOLÓGICAS .....	39
7 -	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA .....	45
8 -	CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA.....	46
9 -	DISPONIBILIDADE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS .....	49
10 -	DISPONIBILIDADE DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS.....	55
11 -	ESTUDO DE DEMANDAS DA BACIA DO DESCOBERTO .....	59
12 -	CENÁRIOS PROPOSTOS PARA A AVALIAÇÃO HÍDRICA.....	62
13 -	ESTUDO DO BALANÇO HÍDRICO E CENÁRIOS DAS BACIAS MONITORADAS .....	63
14 -	ESTUDOS DE DISPONIBILIDADE E DEMANDA PARA BACIAS NÃO MONITORADAS .....	106
15 -	RECOMENDAÇÕES .....	111
16 -	REFERÊNCIAS .....	113

## **1 - APRESENTAÇÃO**

O presente Relatório Técnico – **PRODUTO 6**, vem em atendimento ao **PROJETO 914BRZ2016 Edital 05/17 – republicação**, para contratação dos Estudos de demanda e Modelagem Hidrológicas da Bacia do Alto Descoberto/DF.

## **2 - OBJETIVOS**

A Modelagem Hidrológica da Bacia do Alto Descoberto/DF visa realizar estudo técnico sobre a disponibilidade atual (oferta) e futura (50 anos) de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Alto Descoberto/DF com base em dados hidrometeorológicos e de uso e ocupação do solo. Para tal, são estabelecidos os seguintes objetivos:

- Definir um modelo hidrológico para realização da avaliação de demanda/oferta de água na bacia hidrográfica em estudo;
- Calibrar o modelo hidrológico definido a partir de séries temporais de vazões médias mensais naturais, com base nas Unidades Hidrológicas (UH);
- Avaliar as vazões médias mínimas mensais atuais e futuras com base nas UH, de forma a contemplar as diferentes zonas de captação;
- Avaliar o fluxo de base e o volume de descarga dos reservatórios subterrâneos;
- Realizar um estudo técnico de demanda de recursos hídricos, considerando mapeamento das demandas hídricas na área de estudo, com estimativas dos valores abstraídos, local de captação, uso consuntivo, regime de uso e fluxo de retorno;
- Realizar mapeamento das UH a partir de imagens orbitais recentes contemplando uso e ocupação do solo, pontos de captação e controle e resultados de balanços hídricos para vazões médias mensais e médias das mínimas mensais;
- Elaboração de balanço hídrico das UH.

### **3 - CONTEXTO DO ESTUDO**

Mundialmente a água é compreendida como um bem finito e de valoração econômica, uma vez que já se compreende que sua escassez é certa, causada pela explosão de consumo para os seus diversos usos.

A contínua variação da demanda pela água é um padrão, o qual deve ser contemplado em planos regionais de recurso hídricos, capazes de estimar volumes de água necessários para suprir os usos múltiplos de cada unidade hidrológica (UH). A partir desses volumes, podem ser estabelecidas metas de uso da água, mapear especificidades de cada UH, bem como planejar projetos de engenharia.

Os projetos de engenharia, gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos, que tem o intuito de suprir a demanda hídrica, são realizados a partir de balanços hídricos considerando diversos setores usuários.

No entanto, em um mundo em processo de constante mudança, um número cada vez maior de fatores externos influenciam os padrões regionais de desenvolvimento econômico, social, cultural e político-institucional que, diretamente ou indiretamente, intervém sobre os recursos hídricos, aumentando as incertezas nas estimativas de demanda e os conflitos pelo uso da água.

Além dos fatores já mencionados, perspectivas de variações climáticas cada vez mais intensas poderão afetar a disponibilidade hídrica, nas dimensões espacial e temporal, fomentando ainda mais as incertezas das análises da relação futura entre oferta e demanda.

As mudanças globais e suas consequências são desafios aos gestores e pesquisadores dos Recursos Hídricos, especialmente em regiões que configuram num ambiente de conflito pelo uso da água. É nessa conjuntura de possibilidade de cenários de disponibilidade e oferta hídricas, influenciadas por seus diversos fatores intervenientes, que se situa a Unidade de Gerenciamento Hídrico do Alto do Descoberto.

A bacia hidrográfica do Alto do Descoberto situa-se no quadrante de S 15°35'00" e 15° 48'00" latitude Sul e de W 48°03'00" a 48°15'00" longitude Oeste, abrangendo uma área de 452 km<sup>2</sup>, pertencente a Bacia do Rio Paraná.

A bacia hidrográfica do Alto do Descoberto, tem como seu exutório a barragem que represa o rio Descoberto e forma o lago, sendo que 30% da área encontra-se inserida no estado de Goiás (GO) e 70% no Distrito Federal (DF).

Para fins deste estudo, a Bacia Hidrográfica do Alto do Descoberto será considerada não em sua divisão geopolítica, mas sim como suas unidades hidrológicas. Para tanto, fazem parte da unidade hidrológica do alto do descoberto: sub-bacia do rio Descoberto, sub-bacia do Córrego Chapadinha, sub-bacia do córrego Olaria, sub-bacia do Córrego Buriti Chato, sub-bacia do Córrego Rocinha (DF), Sub-bacia do córrego do meio, bacia do ribeirão Rodeador e bacia do ribeirão das Pedras (Figura 2).

A unidade hidrográfica do Alto Descoberto é represada para abastecimento público através de barramento, formando o lago Descoberto, com área alagada de aproximadamente 12,55 km<sup>2</sup> e volume útil de 86 hm<sup>3</sup> na cota 1030m. Esta UH abastece o principal sistema de produção de água do Distrito Federal, responsável por 58,5% da água produzida e pelo atendimento de 61,52% da população do Distrito Federal (GDF, 2017).

Devido a elevada demanda de água, a importância econômica – social - ambiental, e a crise hídrica no qual o Distrito Federal encontra-se inserida, este trabalho tem objetivo de realizar um estudo de oferta e demanda para os próximos 50 anos para a Bacia Hidrográfica do Alto Descoberto através de modelagem hidrológica utilizando o SWAT.

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.

### ***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 subdiárias 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 11 representa o acoplamento e junção desses diversos componentes e modelos.

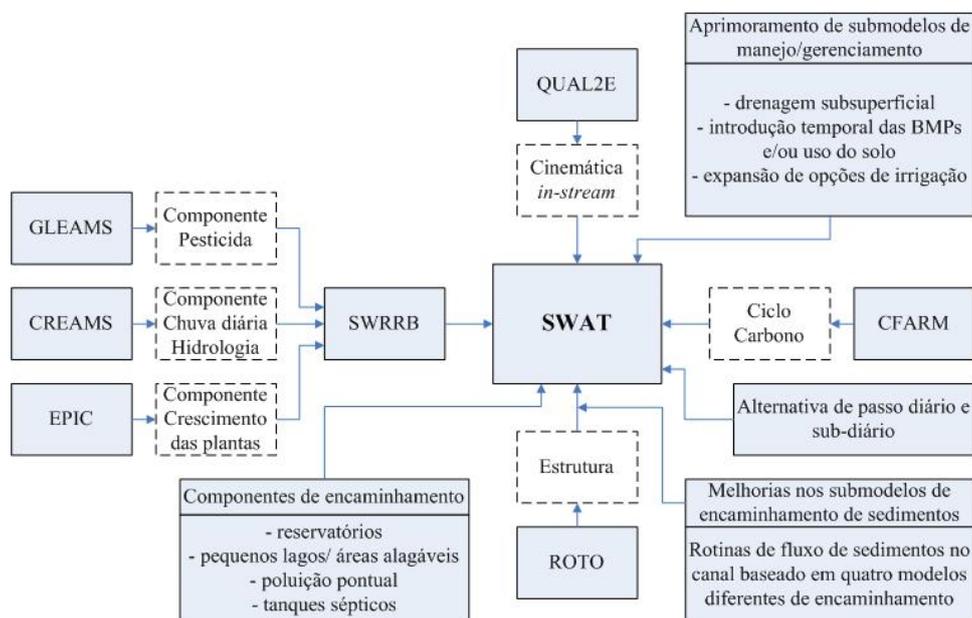


Figura 1 - Estrutura do modelo SWAT (Adaptado de Gassman *et al.*, 2007 e Arnold *et al.*, 2012).

### **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

dependem 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):

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

em que  $\frac{dh_{wtbl}}{dt}$  é a mudança na altura do lençol freático com o tempo (mm/dia),  $w_{rchr,sh}$  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:

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

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:

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

$$\begin{aligned} & \text{se } aq_{sh} > aq_{shthr,q} \\ Q_{gw,i} &= 0 \text{ se } aq_{sh} \leq aq_{shthr,q} \end{aligned} \quad (7)$$

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).

### **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 a seguir.

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

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – **MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

---

	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

---

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

	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.
.cst (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.
.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

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

	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.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

.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>
.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	Arquivos de entrada das fontes pontuais. Esses
recday.dat	arquivos opcionais contêm informações sobre as
recmon.dat	cargas para a rede de canais a partir de uma fonte
recyear.dat	pontual. O tipo de arquivo usado para armazenar os
recnst.dat	dados depende de como os dados são resumidos
(Arquivo de fonte pontual)	(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.

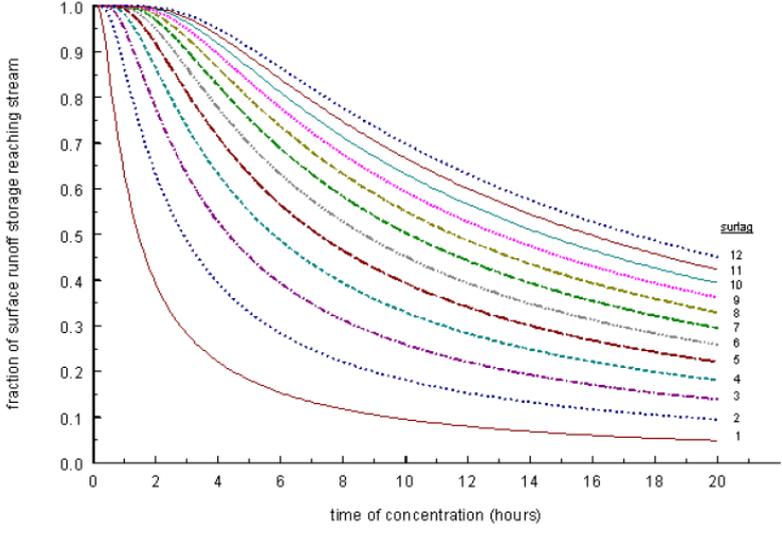
Parâmetro	Descrição / Função
CN2	Curva número na condição II: Esse parâmetro é importante no cálculo do escoamento superficial quando utilizado o método <i>SCS Curve Number</i> para seu cálculo. O CN é um número adimensional e é obtido em função da permeabilidade, do tipo de solo, do uso e da condição 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 recarga 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.
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.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição / Função</b>
	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

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição / Função</b>
	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	<p>Fator de compensação de captação da planta.</p> <p>A quantidade de absorção de água que ocorre num dado dia é uma função da quantidade de água requerida pela planta para a transpiração, <math>E_t</math>, e a quantidade de água disponível no solo, <math>SW</math>. 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.</p>
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.</p> <p>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.</p> <p>Se nenhum valor para SURLAG é inserido, o modelo irá definir SURLAG = 4,0.</p>

Parâmetro	Descrição / Função
	 <p>fraction of surface runoff storage reaching stream</p> <p>time of concentration (hours)</p> <p>surface</p> <p>12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1</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.</p> <p>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 (10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/dia).</p>
WUDEEP(mon)	<p>Remoção de água média diária de um aquífero profundo para cada mês (10<sup>4</sup> 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 6, segue uma breve descrição das variáveis no arquivo de entrada do gerador de clima.

Tabela 6 – Parâmetros essenciais para o gerador de tempo.

Parâmetro	Definição
WLATITUDE	<p>Latitude da estação meteorológica usada para criar os parâmetros estatísticos (graus).</p> <p>A latitude é expressa como um número real com os minutos e os segundos convertidos em frações de grau.</p>
WLONGITUDE	<p>Longitude da estação meteorológica (graus).</p> <p>Esta variável não é utilizada pelo modelo e pode ser deixado em branco.</p>
WELEV	<p>Elevação da estação meteorológica (m)</p> <p>Necessário se bandas de elevação são modeladas nas bacias hidrográficas.</p>
RAIN_YRS	<p>O número de anos de máximas mensais de meia hora de chuva utilizados para definir valores para RAIN_HHMX (1) - RAIN_HHMX (12)</p> <p>Se nenhum valor de entrada é dado para RAIN_YRS, o SWAT irá definir RAIN_YRS = 10</p>
TMPMX(mon)	<p>Média da temperatura máxima do ar diária para o mês (° C).</p> <p>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:</p> $\mu mx_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mx,mon}}{N}$ <p>Onde <math>\mu mx_{mon}</math> é a temperatura diária média máxima para o mês (°C), <math>T_{mx,mon}</math> é a temperatura máxima diária no registro do mês mon (°C), um N é o número total de máxima diária registros de temperatura para seg mês.</p>
TMPMN(mon)	Média da temperatura mínima diária por mês (°C).
TMPSTDMX(mon)	Desvio padrão para a temperatura máxima diária do ar no mês (° C).

	<p>Este parâmetro quantifica a variação de temperatura máxima de cada mês. O desvio padrão é calculado:</p> $\sigma_{mx_{mon}} = \sqrt{\left(\frac{\sum_{d=1}^N (T_{mx,mon} - \mu_{mx_{mon}})^2}{N - 1}\right)}$ <p>Onde <math>\sigma_{mx_{mon}}</math> é o desvio padrão para a temperatura máxima diária no mês mon (° C), <math>T_{mx,mon}</math> é a temperatura máxima diária no registo d no mês seg (° C), e N é o número total de máxima diária de registros de temperatura para seg mês.</p>
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	<p>Coeficiente de inclinação de precipitação diária de mês.</p> <p>Este parâmetro quantifica a simetria da distribuição da precipitação sobre a média mensal. O coeficiente de inclinação é calculado:</p> $g_{mon} = \frac{N \times \sum_{d=1}^N (R_{day,mon} - \bar{R}_{mon})^3}{(N - 1) \times (N - 2) \times (\sigma_{mon})^3}$ <p>Onde <math>g_{mon}</math> é o coeficiente de inclinação para a precipitação no mês, N é o número total de registros de precipitação diárias por mês seg, <math>R_{day,mon}</math>, no valor de precipitação para o registo d no mês mon (mm H2O). (Nota: os valores diários de precipitação de 0 mm, estão incluídos no cálculo do coeficiente de inclinação).</p>
PR_W(1,mon)	<p>Probabilidade de ocorrer um dia chuvoso após um dia seco no mês. Esta probabilidade é calculada:</p> $P_i(W/D) = \frac{days_{(W/D,i)}}{days_{dry,i}}$ <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 i, para todo o período de registro, e <math>days_{dry,i}</math> é o número de dias secos em mês i,</p>

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

	<p>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 &gt; 0 mm.</p>
PR_W(2,mon)	<p>Probabilidade de ocorrer um dia chuvoso após um outro dia de chuva no mês.</p> <p>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 &gt; 0 mm de precipitação.</p>
PCPD(mon)	<p>Número médio de dias que ocorreu precipitação no mês.</p>
RAINHHMX(mon)	<p>Máxima meia hora de chuva em todo o período de registro para o mês (mm H<sub>2</sub>O).</p> <p>Este valor representa o registro da mais extrema intensidade de chuva de 30 minutos em todo o período registrado.</p>
SOLARAV(mon)	<p>Radiação média diária de energia solar para o mês (MJ/m<sup>2</sup>/dia).</p>
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>

WINDAV(mon)	Velocidade do vento média diária no mês (m / s)
-------------	---

### **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 consequentemente 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 33 são comparadas as principais vantagens e desvantagens da calibração manual e automática.

Tabela 3- 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 institui 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 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.

Tabela 4– Regiões Hidrográficas, Bacias Hidrográficas e Unidades Hidrográficas do Distrito Federal e entorno (ADASA-ECOPLAN, 2012)

<b>Regiões Hidrográficas</b>	<b>Bacias Hidrográficas</b>	<b>Unidades Hidrográficas</b>	<b>Área Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área no DF (km<sup>2</sup>)</b>
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

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
 PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Regiões Hidrográficas	Bacias Hidrográficas	Unidades Hidrográficas	Área Total (km <sup>2</sup> )	Área no DF (km <sup>2</sup> )	
		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	

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

<b>Regiões Hidrográficas</b>	<b>Bacias Hidrográficas</b>	<b>Unidades Hidrográficas</b>	<b>Área Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área no DF (km<sup>2</sup>)</b>
		Ribeirão Santa Rita	105,5	78,9
		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.

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);

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – **MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

- 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 4 apresenta as sub-bacias supracitadas, a Tabela 5 9 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 22.

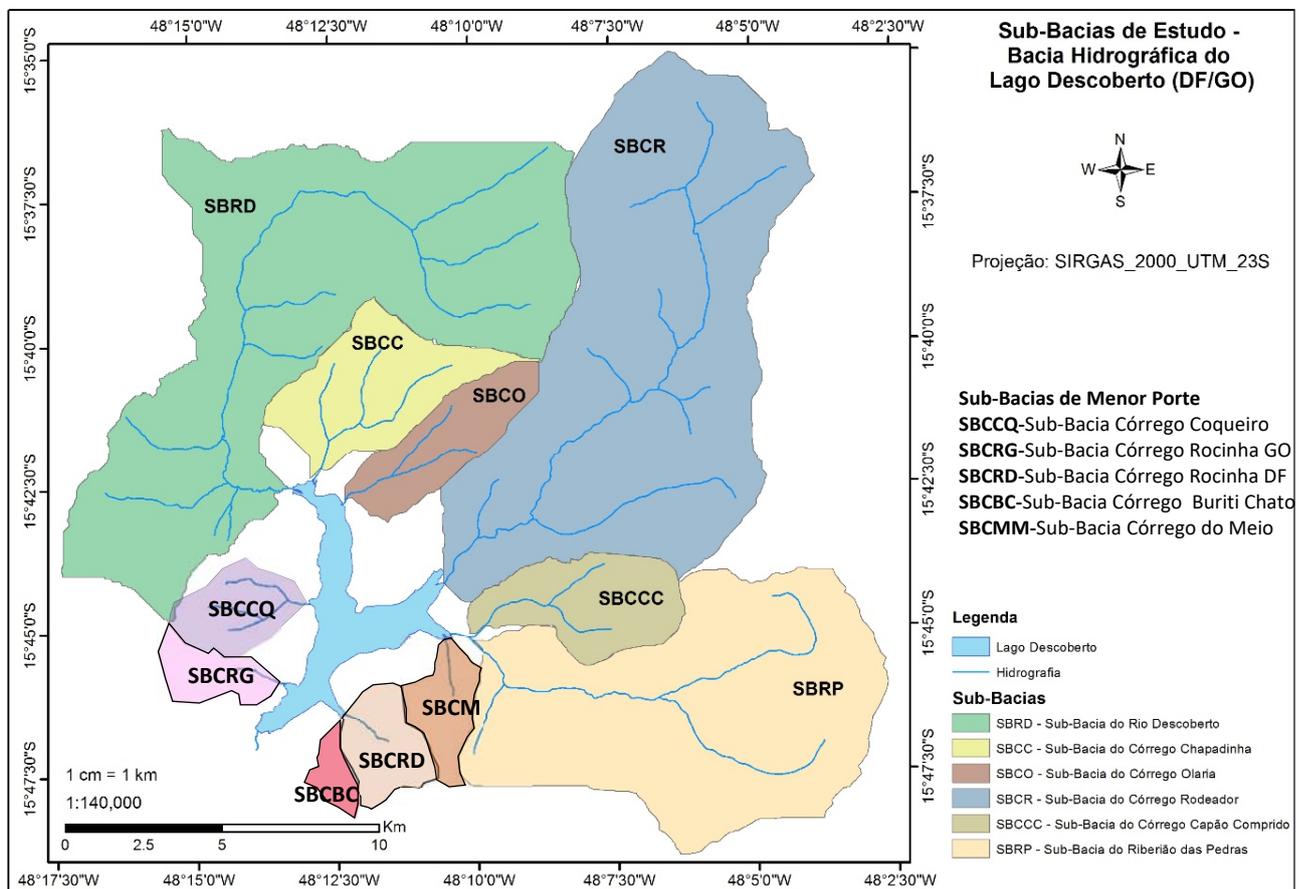


Figura 2 - Sub-bacias de estudo da bacia do Lago Descoberto.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 5 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	SBCCC	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 6. 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 6– **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
Áreas Urbanizadas Baixa/Média Densidade	Áreas de urbanização que apresentam entre 30 e 50 % de impermeabilização

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

CATEGORIAS	DESCRIÇÃO
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 caducifólia 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	

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

CATEGORIAS	DESCRIÇÃO
	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.
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 611 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 35 apresenta o resultado obtido para o mapa de uso e ocupação do solo. Na Tabela 7, 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 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

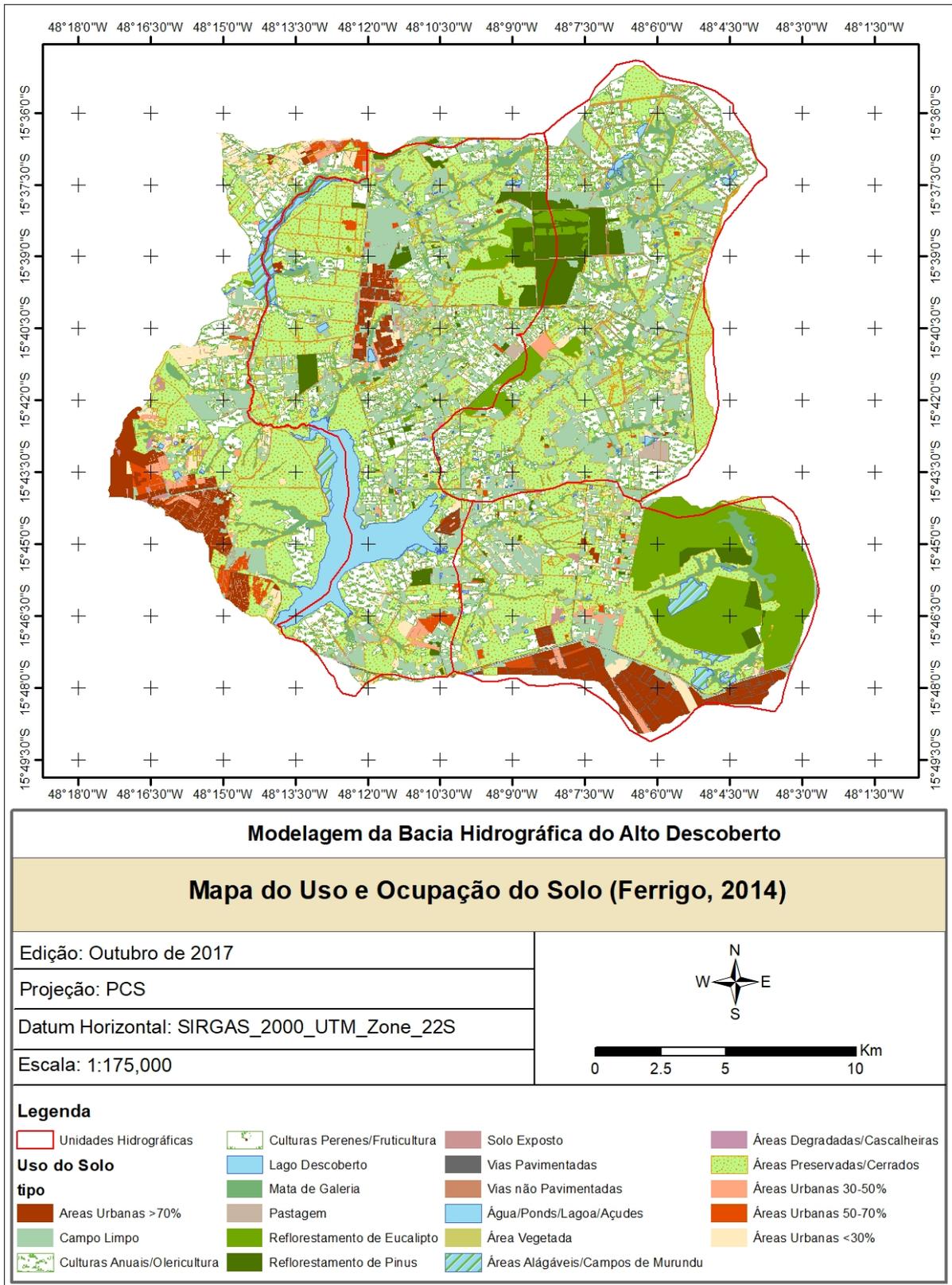


Figura 3– Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Lago Descoberto.

Tabela 7 -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

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

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 4 apresenta o mapa de classificação climática segundo critério de Köppen-Geiger para o Brasil.

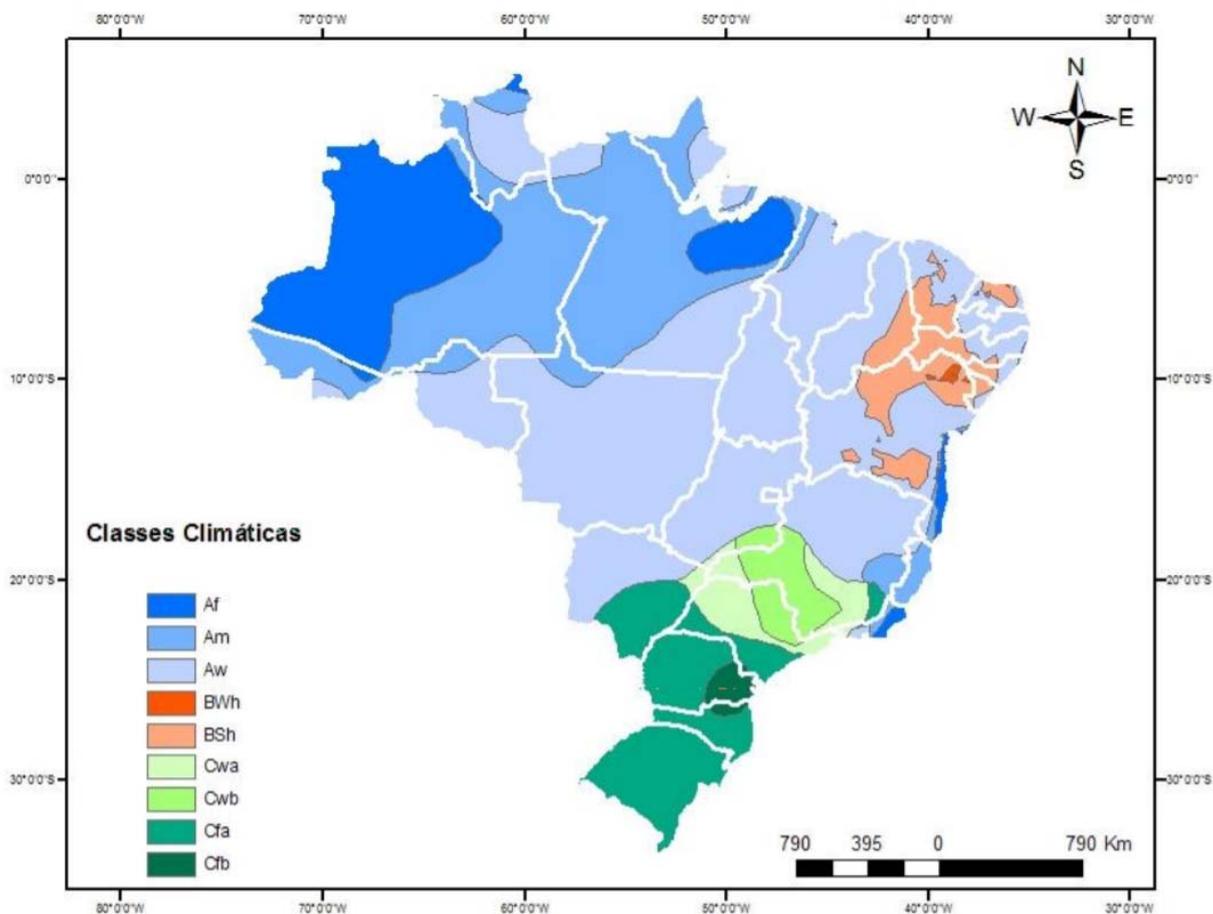


Figura 4 – Classificação climática do Brasil de Köppen-Geiger (Sampaio, et al., 2011)

Conforme referenciado no PGRH (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 consequentemente 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 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 18º C e todos os meses restantes possuem temperaturas médias acima dos 18º 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 18º C no mês mais frio (julho) e com média superior a 22º C nos meses mais quentes (setembro e outubro), predomina em áreas de altitudes com 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 18º C e nos meses mais quentes (setembro e outubro), inferior a 22º 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 5), 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 5 – Localização da estação climatológica Brasília (Cód.83377)

### 6.1 - PRECIPITAÇÃO

Como pode ser observado na Figura 6 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 6 – 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 7).

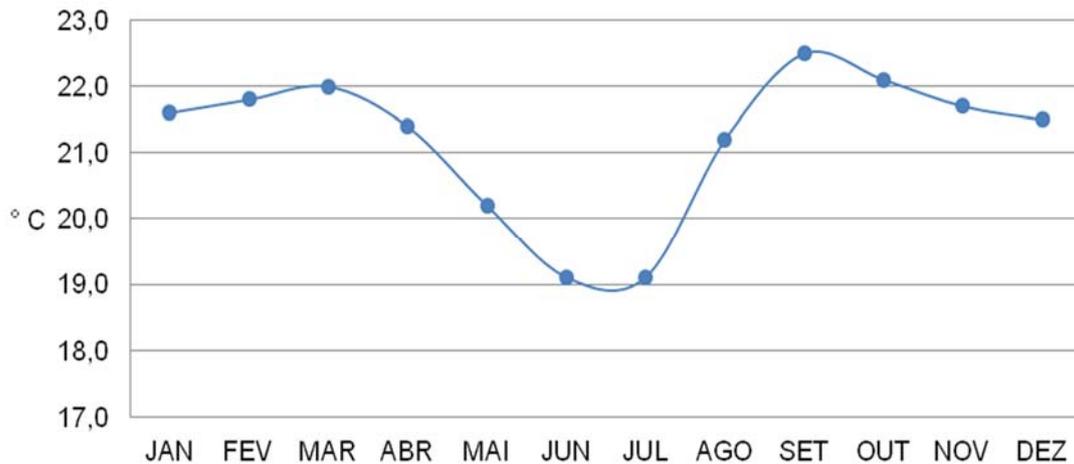


Figura 7 – Temperatura média mensal – Normais Climatológicas (1961-1990)

### 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)

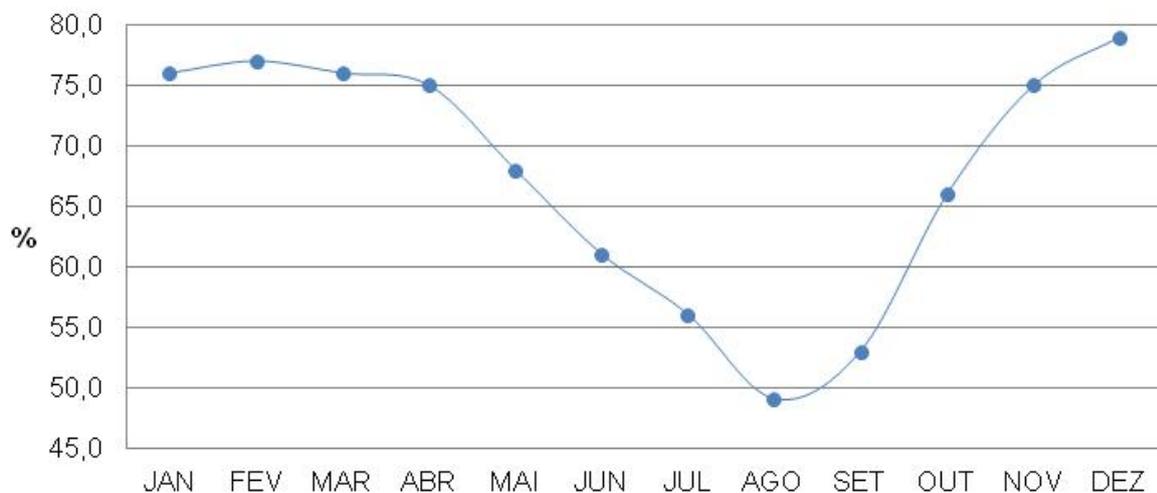


Figura 8 – Umidade relativa do ar -Normais Climatológicas (1961-1990)

#### 6.4 - EVAPORAÇÃO

Os valores de evaporação média mensal para o tanque classe A são apresentados na Figura 9, a seguir. Observa-se que os maiores valores (acima de 150 mm) ocorrem no trimestre mais seco do ano (Julho-Agosto-Setembro).

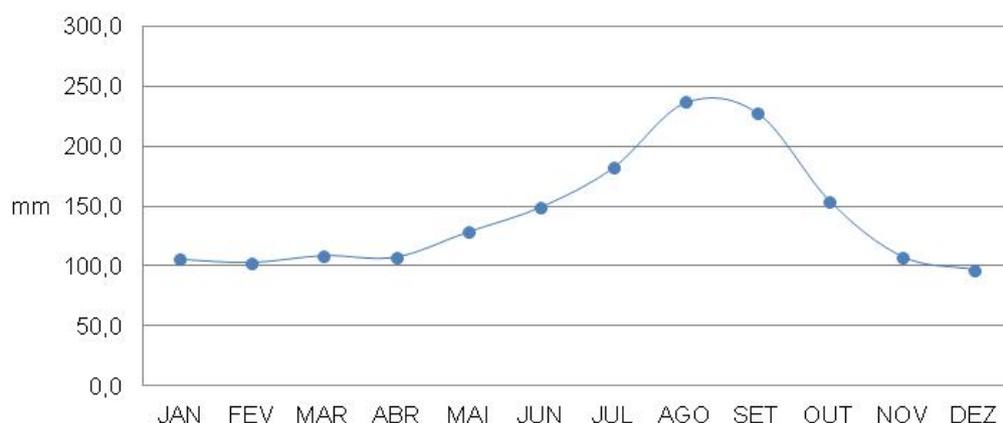


Figura 9 – Evaporação tanque classe A -Normais Climatológicas (1961-1990)

#### 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 10).

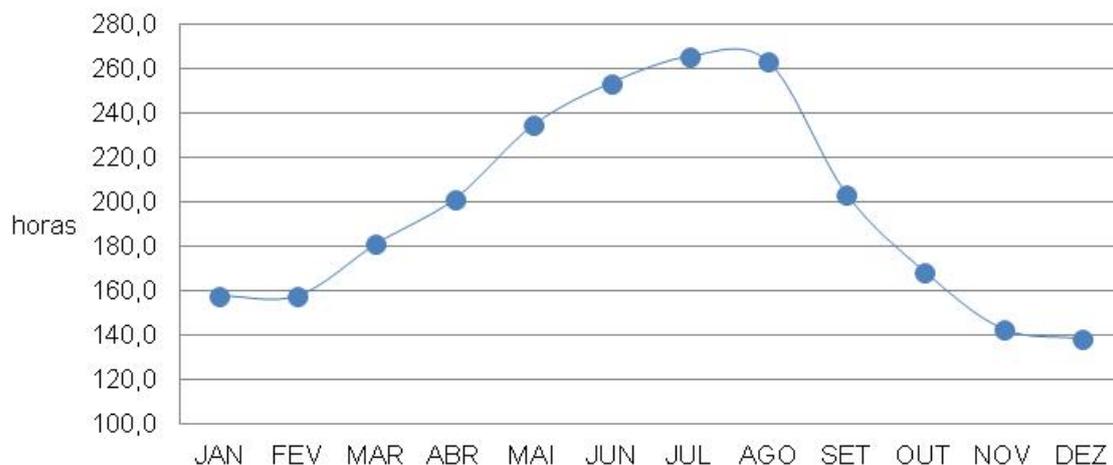


Figura 10 – Horas de insolação por mês -normais Climatológicas (1961-1990)

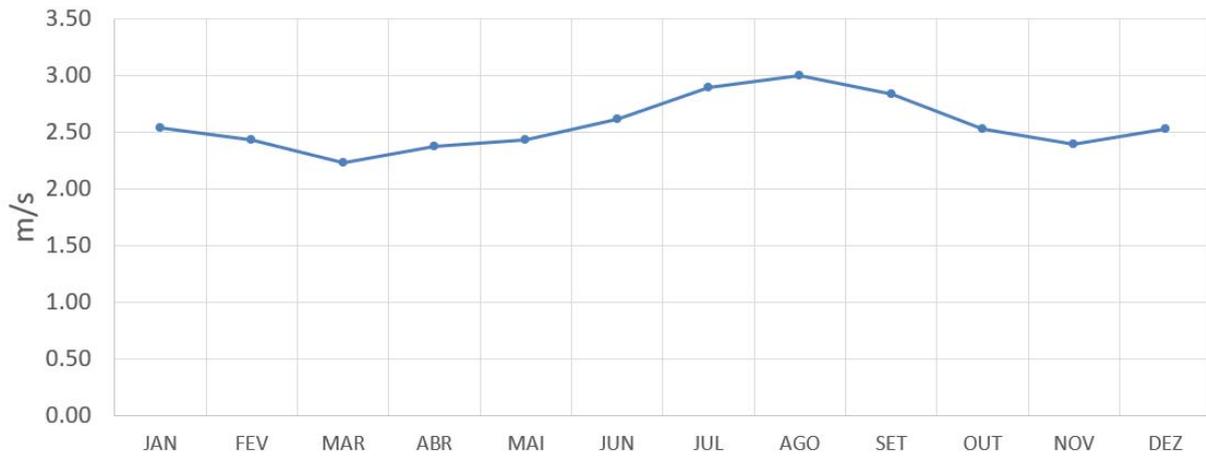


Figura 11 – Velocidade média do vento -Normais Climatológicas (1961-1990)

### 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 12.

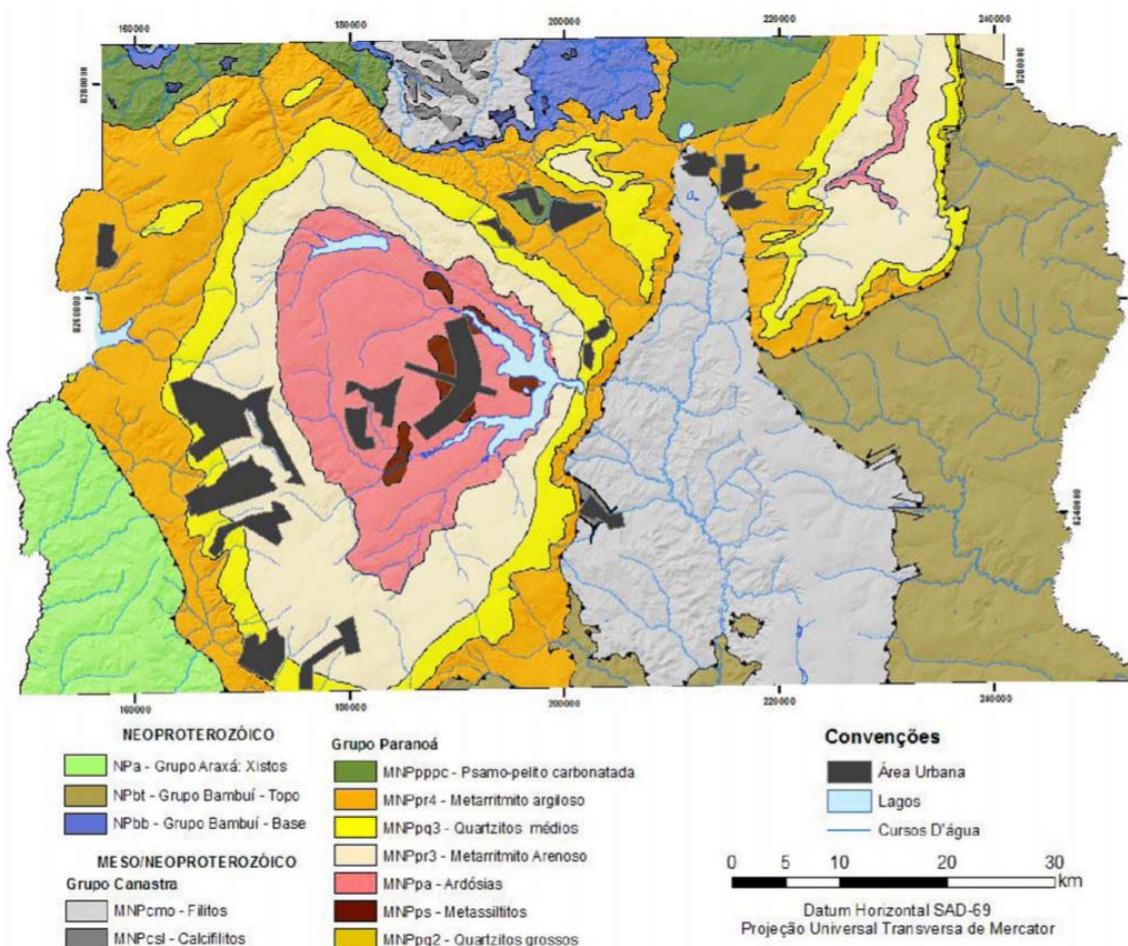


Figura 12 – Mapa Geológico do Distrito Federal ( Neumann, 2012, *apud* Freitas-Silva & Campos, 1998)

## **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. Juntos 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.

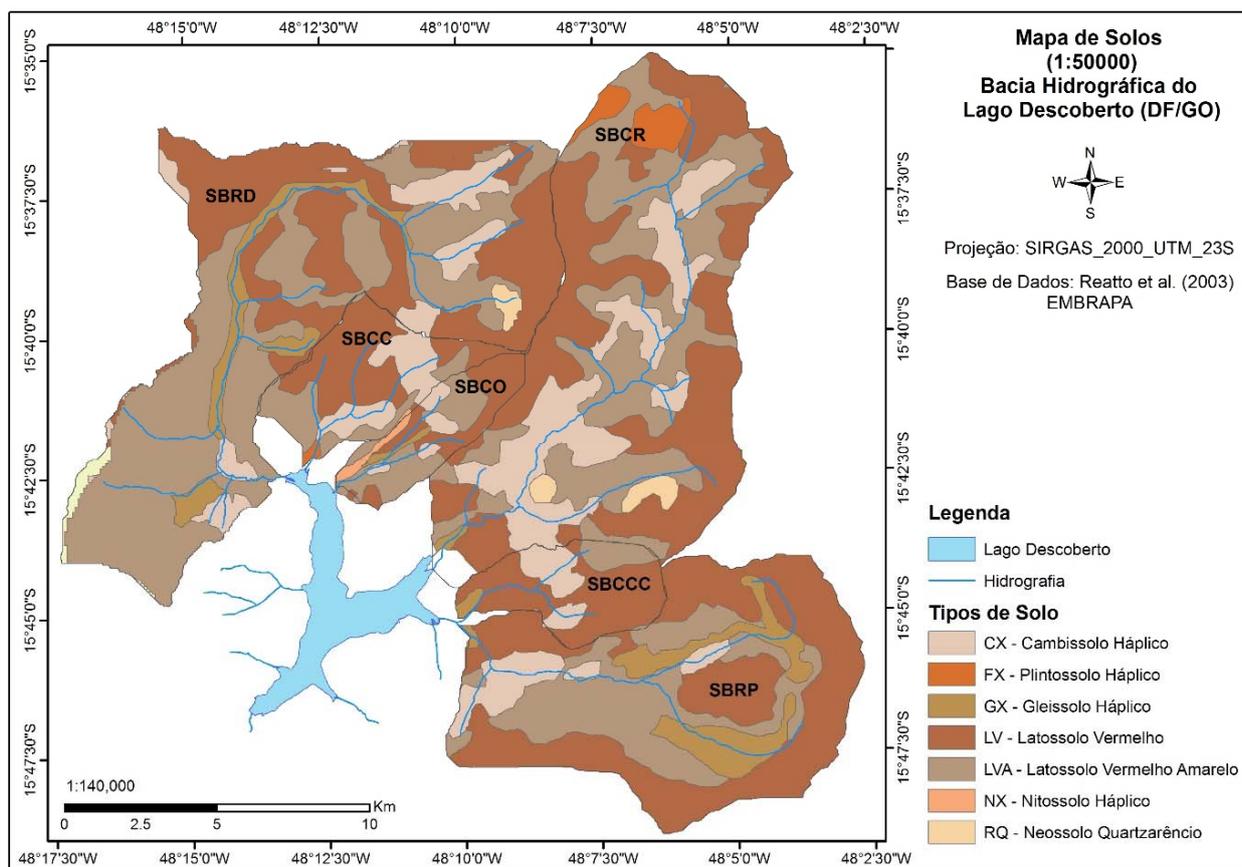
O Gleissolo Háptico (GX), que perfaz 3,38% da bacia, caracteriza-se por ser um solo hidromórfico e ocupa, geralmente, as depressões da paisagem sujeitas à inundação com baixa capacidade de percolação.

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 13. As respectivas áreas e percentagem de cada tipo de solo em cada sub-bacia são mostradas na Tabela 8 e na Tabela 92, considerando as unidades hidrográficas.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**



**Figura 13 – Mapa pedológico – Bacia do Alto Descoberto**

Tabela 8 – 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 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 9 -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 10. 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 10 são expostas as informações básicas de localização das estações levantadas. A disponibilidade temporal de dados, incluindo os períodos de falha é apresentada na Figura 14. A disposição espacial das estações selecionadas em relação às principais sub-bacias de estudo é apresentada na Figura 15.

Tabela 10 -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 Jokey 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 11 resume os valores médios de precipitação para os períodos disponíveis em cada estação, bem como os valores máximos das médias registradas. A Figura 16 e a Figura 17 apresentam as informações indicadas na Tabela 11 de forma gráfica.



ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

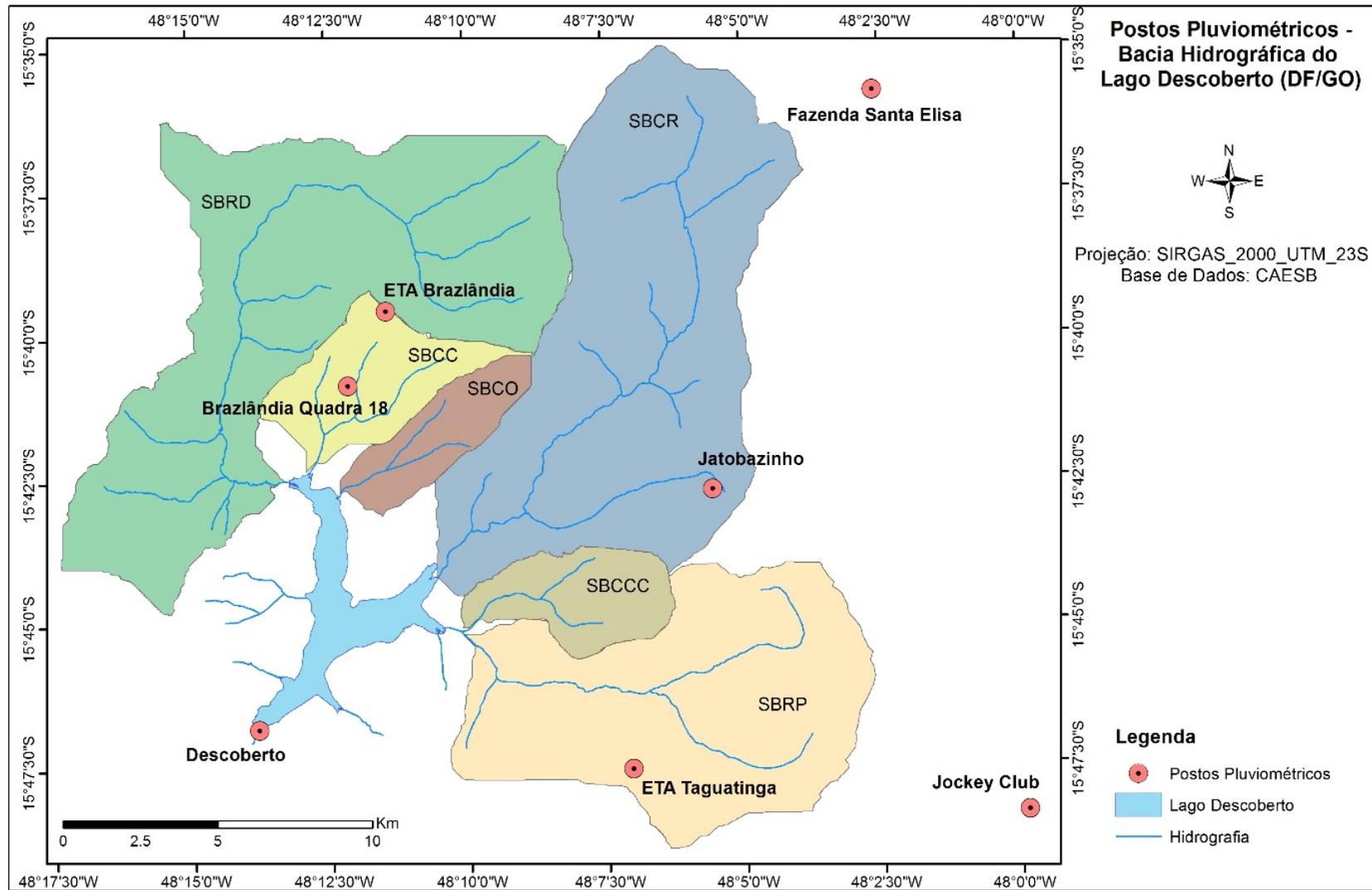


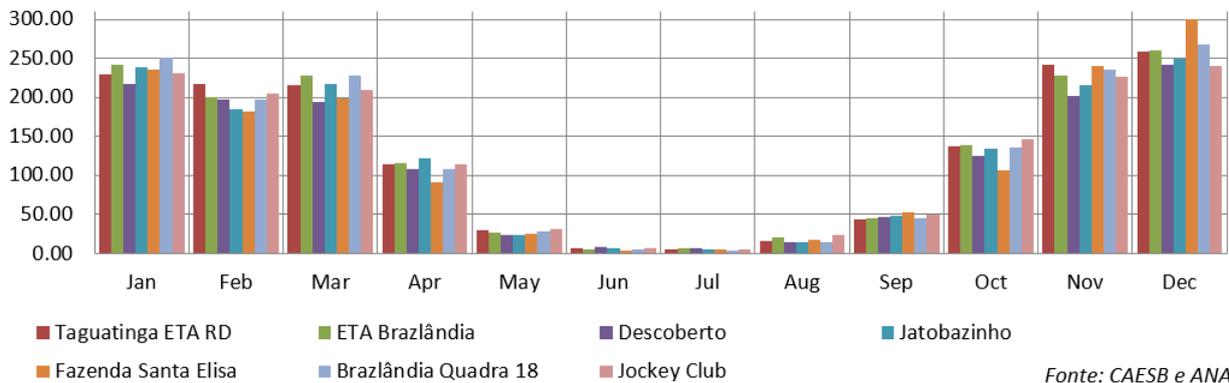
Figura 15 – Estações pluviométricas – Bacia do Alto Descoberto (Ferrigo, 2014)

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 11 -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

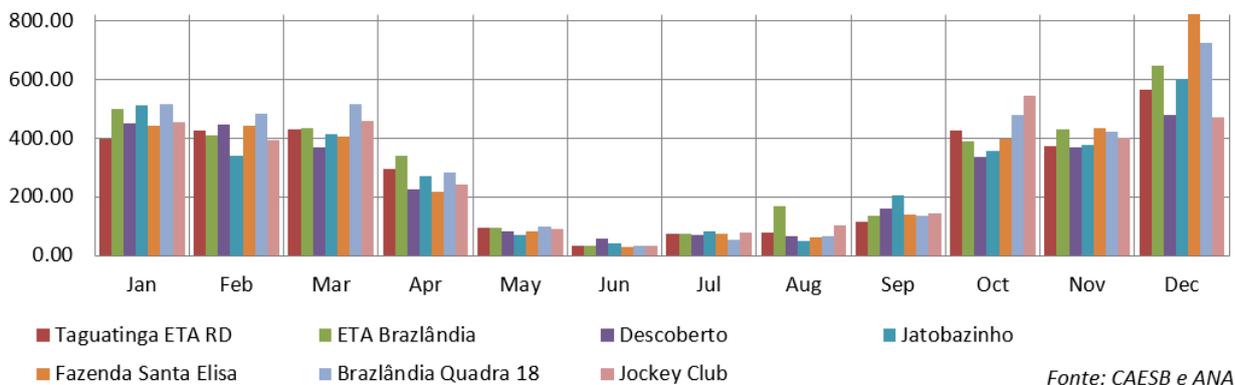
### Precipitação Média Mensal da Série Histórica



**Figura 16 – Estações pluviométricas – Bacia do Alto Descoberto**

Como pode ser observado na figura 16, 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 17 – 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.



ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

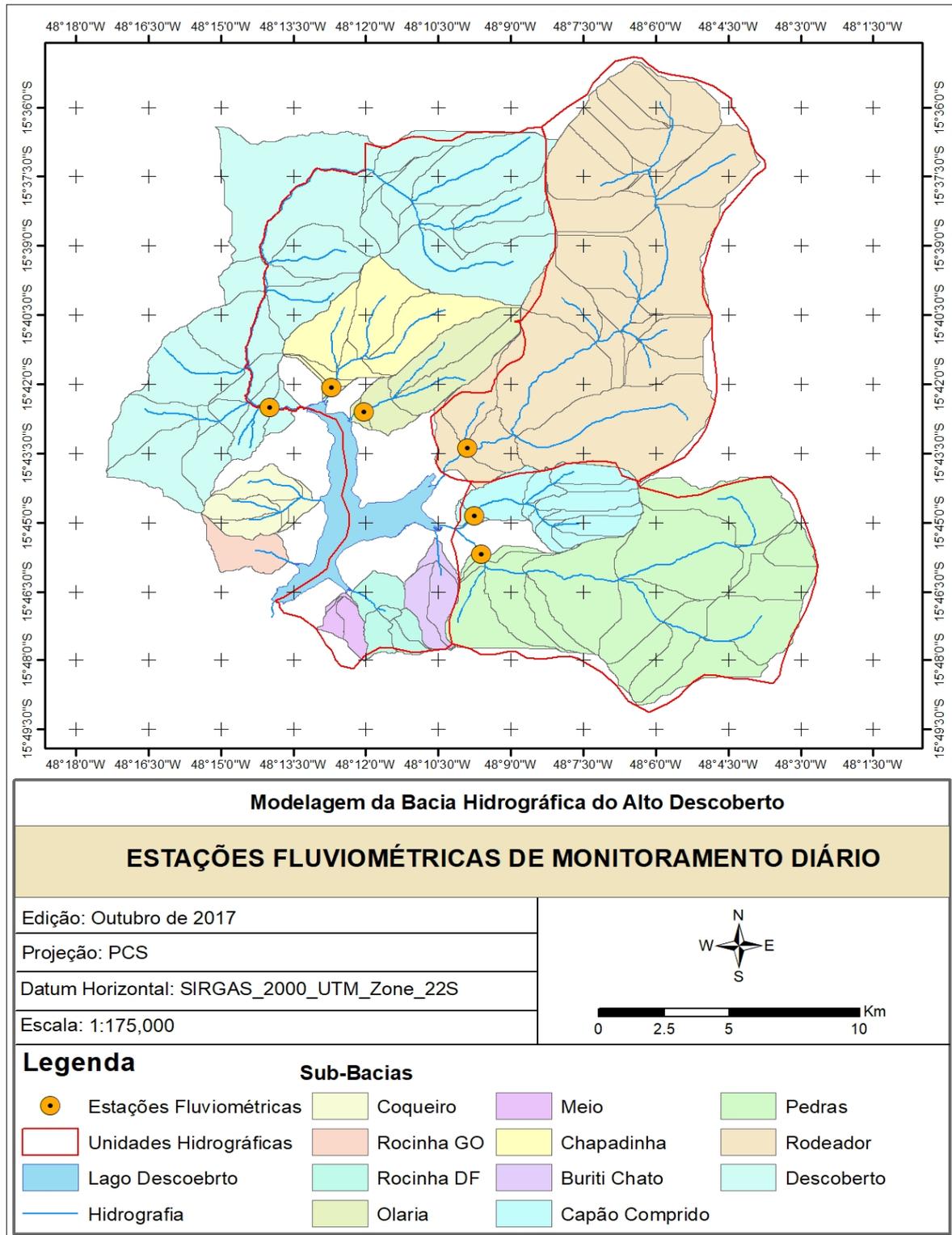


Figura 19 - Postos fluviométricos de medições diárias nas sub-bacias.

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,

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA 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. Para as 6 bacias que dispunham de estações com série de dados de vazões nos exutórios das bacias de interesse, optou-se por preservar ao máximo os dados medidos, sendo as falhas de observação mensais preenchidas a partir de uma das seguintes formas:

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

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

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.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**11 - ESTUDO DE DEMANDAS DA BACIA DO DESCOBERTO**

**11.1 - ESTIMATIVA DE DEMANDA PARA ABASTECIMENTO**

É difícil mensurar a população da bacia do descoberto, que utiliza diretamente a água superficial/subterrânea, baseando-se na vazão outorgada da ADASA. Esta dificuldade deve-se ao fato de não existir um dado exato de quantas pessoas são abastecidas por cada outorga de água subterrânea/superficial concedida. No entanto, para fim construção de futuros cenários, avaliou-se a quantidade de água necessária para cada sub-bacia do Descoberto do DF, tendo sido considerada as áreas de baixa densidade. Para tanto, infere-se, que as áreas de baixa densidade possuem características rurais, e que estas utilizam para abastecimento e uso doméstico, água captadas superficialmente e de poços. Especula-se ainda, que as residências classificadas como alta densidade, estejam mais próximas a áreas urbanas, e que sejam abastecidas pelo Sistema do Descoberto/CAESB.

A estimativa da demanda de água para abastecimento, será baseada nos seguintes parâmetros:

- Estimativa populacional: esta foi calculada a partir dos dados de uso ocupação do solo para áreas rurais (hectares), abastecidas por captação superficial/subterrâneas outorgadas pela ADASA. Para tanto, foram identificadas por sub bacia áreas de baixa densidade. Estas áreas são caracterizadas por porcentagem de impermeabilização menor que 50%. Ainda, segundo a Lei Complementar do Distrito Federal no. 803/209, Art. 39, considera-se como densidade demográfica o valor resultante da divisão entre o número de habitantes e área total das porções territoriais. Em seu paragrafo II, as áreas rurais de baixa densidade possuem em torno de 50 habitantes por hectares.
- Taxa de crescimento populacional para o Distrito Federal de 3,38% (IBGE,2010).
- Consumo médio diário de água por habitante no Distrito Federal, segundo o PSBDF.

A partir das simulações iniciais no balanço hídrico estes dados poderão ser refinados.

Tabela 13 - Projeção Aritmética do Crescimento da população estritamente rural inserida na bacia do Descoberto, considerando que esta seja 3,38% do total (Fonte IBGE, 2010).

SUB-BACIAS DO DESCOBERTO	RESIDENCIAL BAIXA DENSIDADE/CHACARA	POPULAÇÃO										
	(hectares)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
BURITI CHATO	32,7672	1638	1694	1751	1810	1871	1935	2000	2068	2137	2210	2284
CAPÃO COMPRIDO	105,1104	5256	5433	5617	5807	6003	6206	6416	6632	6857	7088	7328
CHAPADINHA	47,012	2351	2430	2512	2597	2685	2776	2869	2966	3067	3170	3278
COQUEIRO	21,8175	1091	1128	1166	1205	1246	1288	1332	1377	1423	1471	1521
DESCOBERTO	787,5471	39377	40708	42084	43507	44977	46497	48069	49694	51373	53110	54905
CÓRREGO DO MEIO	12,31	616	636	658	680	703	727	751	777	803	830	858
OLARIA	84,4164	4221	4363	4511	4663	4821	4984	5152	5327	5507	5693	5885
PEDRAS	322,7565	16138	16683	17247	17830	18433	19056	19700	20366	21054	21766	22501
ROCINHA DF	77,2281	3861	3992	4127	4266	4411	4560	4714	4873	5038	5208	5384
ROCINHA GO	12,715	636	657	679	702	726	751	776	802	829	857	886
RODEADOR	372,3864	18619	19249	19899	20572	21267	21986	22729	23497	24292	25113	25961

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 14– Demanda de água baseada no crescimento populacional dos habitantes da bacia do descoberto – projeção a ser utilizada para população rural atendida por poços

SUB-BACIAS DO DESCOBERTO	RESIDENCIAL BAIXA DENSIDADE/CHACARAS (hectares)	DEMANDA PER CAPTA (l/s)										
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
BURITI CHATO	32,7672	3,75458	3,8814802	4,0126742	4,148303	4,288515	4,433467	4,583318	4,738234	4,898387	5,063952	5,235114
CAPÃO COMPRIDO	105,1104	12,0439	12,45098563	12,871829	13,3069	13,75667	14,22165	14,70234	15,19928	15,71301	16,24411	16,79316
CHAPADINHA	47,012	5,38679	5,568866035	5,7570937	5,951683	6,15285	6,360817	6,575812	6,798075	7,02785	7,265391	7,510961
COQUEIRO	21,8175	2,49992	2,58441961	2,671773	2,762079	2,855437	2,951951	3,051727	3,154875	3,26151	3,371749	3,485714
DESCOBERTO	787,5471	90,2398	93,28988973	96,443088	99,70286	103,0728	106,5567	110,1583	113,8816	117,7308	121,7102	125,824
CÓRREGO DO MEIO	12,31	1,41052	1,45819665	1,5074837	1,558437	1,611112	1,665567	1,721864	1,780063	1,840229	1,902428	1,96673
OLARIA	84,4164	9,67271	9,99651637	10,33764	10,68705	11,04827	11,42171	11,80776	12,20686	12,61945	13,04599	13,48695
PEDRAS	322,7565	36,9825	38,23253021	39,52479	40,86073	42,24182	43,66959	45,14563	46,67155	48,24905	49,87986	51,5658
ROCINHA DF	77,2281	8,84905	9,148152451	9,45736	9,777019	10,10748	10,44911	10,80229	11,16741	11,54487	11,93509	12,33849
ROCINHA GO	12,715	1,45693	1,506171438	1,55708	1,609709	1,664118	1,720365	1,778513	1,838627	1,900772	1,965018	2,031436
RODEADOR	372,3864	42,6693	44,11150291	45,602472	47,14384	48,7373	50,38462	52,08762	53,84818	55,66825	57,54983	59,49502

### 11.2 - ESTIMATIVA DA DEMANDA DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

De acordo com dados levantados de outorga da ADASA, atualmente no DF são irrigados 20.000 hectares de áreas cultiváveis. Porém, em dados levantados em imagens de satélite na classificação do uso solo, a área total irrigada é de 7.148 hectares.

A irrigação na bacia do Descoberto é principalmente para manutenção de hortaliças e frutíferas, cuja a vazão média utilizada é apresentada na Tabela 15, e o método é aspersão

Tabela 15 - Consumo médio diário de água para atendimento das necessidades hídricas para olericultura e fruticultura.

Irrigação por aspersão	
convencional	0,70 l/s/ha
Olericultura	
Irrigação por aspersão	
convencional	0,5 l/s/ha
Fruticultura	
Irrigação por gotejamento	
Olericultura	0,35 l/s/ha
Irrigação por gotejamento	
Fruticultura	0,26 l/s/ha

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Como projeção futura para construção de cenários, será considerada uma taxa de crescimento de área cultivável de 12,7%, segundo dado do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o ano de 2026.

Tabela 16– Estimativa de demanda para irrigação

SUB-BACIAS DO DESCOBERTO	AREA CULTIVAVEL		DEMANDA 2017		DEMANDA 2026	
	OLERICULTURA (hectares)	FRUTICULTURA (hectares)	OLERICULTURA (l/s/ha)	FRUTICULTURA (l/s/ha)	OLERICULTURA (l/s/ha)	FRUTICULTURA (l/s/ha)
BURITI CHATO	377,55	66,74	264,29	33,37	297,85	37,61
CAPÃO COMPRIDO	317,53	614,59	222,27	307,30	250,50	346,32
CHAPADINHA	60,61	189,14	42,43	94,57	47,81	106,58
COQUEIRO	66,8675	2,6825	46,81	1,34	52,75	1,51
DESCOBERTO	1846,8939	223,9066	1292,83	111,95	1457,01	126,17
CÓRREGO DO MEIO	66,6725	2,165	46,67	1,08	52,60	1,22
OLARIA	446,4821	114,8458	312,54	57,42	352,23	64,72
PEDRAS	299,3331	33,0374	209,53	16,52	236,14	18,62
ROCINHA DF	115,3659	8,13	80,76	4,07	91,01	4,58
ROCINHA GO	2,09	0	1,46	0,00	1,65	0,00
RODEADOR	2921,3751	237,8271	2044,96	118,91	2304,67	134,02

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – **MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**12 - CENÁRIOS PROPOSTOS PARA A AVALIAÇÃO HÍDRICA**

**12.1 - SITUAÇÃO 1: CENÁRIO ATUAL**

Este perfaz um cenário único e busca reproduzir a situação atual de demanda e disponibilidade dos recursos hídricos da bacia do Descoberto. Podendo compreender o sistema hídrico auxiliando na correção de rumos e estabelecimentos de novas diretrizes de gerenciamento da bacia.

**12.2 - SITUAÇÃO 2: DESENVOLVIMENTO URBANO - DEMANDA ABASTECIMENTO – CRESCIMENTO DE ÁREAS RURAIS**

Nesta situação são propostos 3 cenários que abordam o crescimento rural para áreas de baixa densidade. Esta utiliza água para suas atividades diretamente da bacia do descoberto, seja por captação superficial ou captação subterrânea. O primeiro cenário seria uma previsão para 5 anos, e o segundo para 20 anos, conforme preconizado na Política Nacional de Saneamento.

**12.3 - SITUAÇÃO 3: DESENVOLVIMENTO RURAL - DEMANDA IRRIGAÇÃO – CRESCIMENTO DE ÁREAS RURAIS**

Os cenários propostos na situação 4, abordam o desenvolvimento rural, abrangendo a demanda por irrigação, aumentando o uso de água superficial e subterrânea e o crescimento das áreas rurais, influenciando no uso e ocupação do solo.

Os valores do consumo médio diário de água para atendimento das necessidades hídricas para olericultura e fruticultura foi baseado na INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº. 02 DE 11 DE OUTUBRO DE 2006 que estabelece valores de referência para outorga de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio do Distrito Federal e dá outras providências. Para fins de modelagem será considerado irrigação por aspersão convencional de 0,7 l/s/ha para olericultura, e 0,5 l/s/ha para fruticultura.

**12.4 - SITUAÇÃO 5 – ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS**

A situação 5, tem o intuito analisar as alterações e influencias climáticas na disponibilidade hídrica, e os cenários propostos preveem simulações para cenários de ano chuvoso, ou seja, com precipitação acima da média anual; e cenários com ano seco, com precipitações abaixo da média anual.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**13 - ESTUDO DO BALANÇO HÍDRICO E CENÁRIOS DAS BACIAS MONITORADAS**

**13.1 - BALANÇO HÍDRICO DA BACIA DO RIO 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.

A bacia do rio Descoberto, apresenta em torno de 1.900 hectares de áreas voltadas para agricultura, 1.400 hectares de campo limpo e 4.371 hectares de cerrado nativo. Em estudo realizado por Chaves e colaboradores (2010), estima-se que ainda existam 4542,75 hectares com potencial agrícola. Ainda neste estudo, é apontado que, 69,01% das áreas agricultáveis na sub bacia do Descoberto, englobando as microbacias dos córregos Barroão, Bucanhão e Capão da onça possuem uso abaixo dos seus potenciais (devido a característica do solo – latossolo vermelho), enquanto 7,61% da área possui um uso mais intensivo que suas respectivas aptidões agrícolas. Este fato aponta uma utilização inadequada das terras, comprometendo a sustentabilidade ambiental.

Em relação as outorgas concedidas pela ADASA para o rio Descoberto, pode ser observado que a vazão outorgada superficial é superior a vazão outorgada subterrânea (Tabela 17). Seu principal uso é destinado ao abastecimento humano.

A Tabela 18 apresenta a relação entre porcentagem de vazão outorgada subterrânea e porcentagem de vazão outorgada superficial para sub bacia do rio Descoberto.

Tabela 18– Vazões outorgadas sub-bacia do Rio Descoberto (dados ADASA)

% DEMANDAS OUTORGADAS	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
SUB	60%	60%	59%	60%	65%	68%	73%	75%	76%	77%	75%	68%
SUP	40%	40%	41%	40%	35%	32%	27%	25%	24%	23%	25%	32%

Para determinação da demanda de água por uso, foram utilizados dados de uso e ocupação do solo, considerando para abastecimento de água apenas áreas de baixa densidade, e para irrigação regiões de olericultura e fruticultura. A Tabela 19 apresenta um resumo de demanda estimada para o ano de 2017, para Bacia do rio Descoberto.

Tabela 19– Demanda de água estimada por uso para o ano de 2017

DEMANDA (m3/s)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
IRRIGAÇÃO OLERICULTURA	0,905	0,905	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	0,905	0,905
IRRIGAÇÃO FRUTICULTURA	0,11	0,11	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,11	0,11

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

ABASTECIMENTO	0,902	0,902	0,902	0,902	0,902	0,902	0,902	0,902	0,902	0,902	0,902	0,902
DEMANDA TOTAL	1,917	1,917	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	2,352	1,917	1,917

Como pode ser observado na Tabela 20, a demanda de água para irrigação para olericultura é superior a demanda de água para abastecimento. Ainda, em relação as demandas estimadas, a Tabela 7, apresenta a estimativa de demanda por captação superficial e captação subterrânea.

Tabela 20– Estimativa de demanda de água por fonte de captação.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Demandas Superficiais (m3/s)	0,427	0,446	0,628	0,614	0,539	0,49	0,421	0,386	0,369	0,36	0,282	0,352
Demanda Subterrânea (m3/s)	0,645	0,659	0,912	0,926	1,001	1,049	1,119	1,154	1,171	1,18	0,823	0,752

A bacia do rio Descoberto, é uma bacia monitorada, a Figura 20 apresenta a separação da vazão total e de base, conforme hidrograma e metodologia demonstrados no Produto 2, deste trabalho.

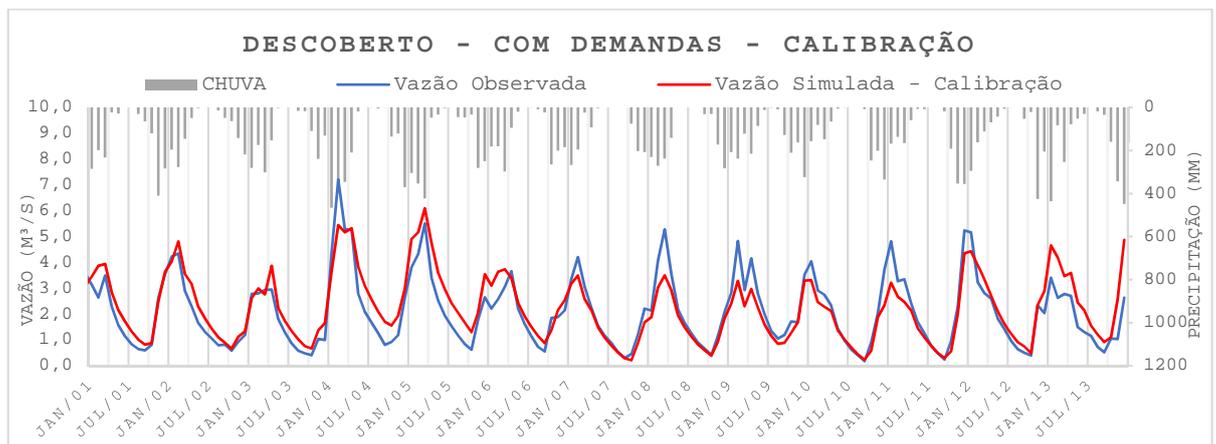
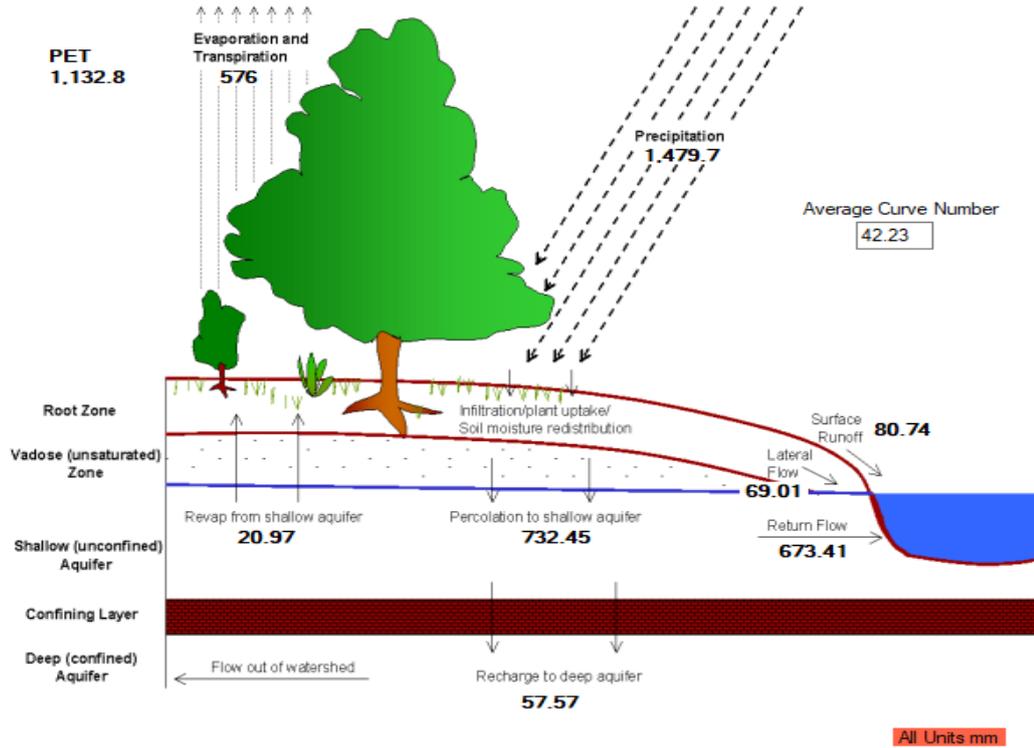


Figura 21 – Hidrogramas observado e simulado após calibração dos parâmetros na sub-bacia do Rio Descoberto.

Com os dados acima apresentados e modelagem utilizando o SWAT, foi determinado o balanço hídrico para sub-bacia do rio Descoberto (Figura 22).

PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO



Relações do Balanço Hídrico					
Q/P	Eb/Q	Es/Q	Perc/P	Rp/P	E/P
0,56	0,9	0,1	0,49	0,04	0,39

Q - Vazão, P – Precipitação, Eb - Escoamento de base, Es - Escoamento Superficial, Perc – Percolação, Rp - Recarga do Aquífero Profundo, E - Evapotranspiração

Figura 22– Resultado da modelagem do SWAT - Balanço hídrico da Bacia do rio Descoberto

O resultado do balanço hídrico da bacia do rio Descoberto (Figura 4), sugere que:

- A vazão disponível é constituída em sua maioria do escoamento de base.
- O escoamento superficial contribui com aproximadamente 1%, da vazão disponível.
- Do total precipitado, 39% retornam para atmosfera em forma de evapotranspiração e 56% constituem a vazão disponível. Este demonstra que a evapotranspiração é um fator importante para o balanço hídrico do DF, devido sua alta incidência de luz (elevada insolação).
- A relação do volume percolado em relação ao precipitado, apontam que 49% é percolado.
- 4% do precipitado é percolado, e mantem os aquíferos profundos.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 21– Balanço hídrico médio anual para Bacia do Rio Descoberto

Ano	Precipitação (mm)	Escoamento Superficial (mm)	Escoamento Lateral (mm)	Escoamento de Base (mm)	Vazão (mm)	Percolação (mm)	Evapotranspiração (mm)
2000	1635,80	84,01	73,89	289,40	447,30	846,33	582,00
2001	1679,40	92,96	80,43	736,65	910,04	886,63	585,70
2002	1160,00	52,92	53,16	741,69	847,77	527,24	558,39
2003	1427,70	72,83	67,39	648,75	788,97	733,58	570,36
2004	2068,60	122,71	104,72	939,81	1167,24	1230,39	567,29
2005	1823,00	97,69	96,34	965,93	1159,96	1071,64	603,86
2006	1459,40	66,89	66,87	756,04	889,80	722,89	609,98
2007	1070,10	49,14	46,21	585,59	680,94	478,14	505,33
2008	1398,60	68,73	64,03	609,66	742,42	708,93	531,57
2009	1718,50	87,51	78,90	648,75	815,16	866,85	679,71
2010	1251,30	65,97	52,24	581,54	699,75	557,51	541,24
2011	1467,60	88,02	71,78	599,26	759,06	805,13	544,36
2012	1396,50	72,99	66,50	735,52	875,01	691,12	574,38
2013	1939,20	150,36	90,56	771,75	1012,67	1028,43	630,25
2014	1521,90	76,39	77,48	923,02	1076,89	806,82	620,50
2015	1260,20	70,49	52,54	646,15	769,18	540,50	579,53
2016	1237,90	68,66	51,41	529,68	649,75	528,88	603,44
2017	1119,70	65,12	47,67	412,21	525,00	518,72	479,62

A tabela 21, apresenta uma tabela resumo, dos resultados do balanço hídrico do ano 2000 à 2017, para a bacia do Rio Descoberto. Deve-se ainda chamar atenção para importância do escoamento de base, no período de estiagem para manutenção do manancial, conforme apresentado na Figura 5.

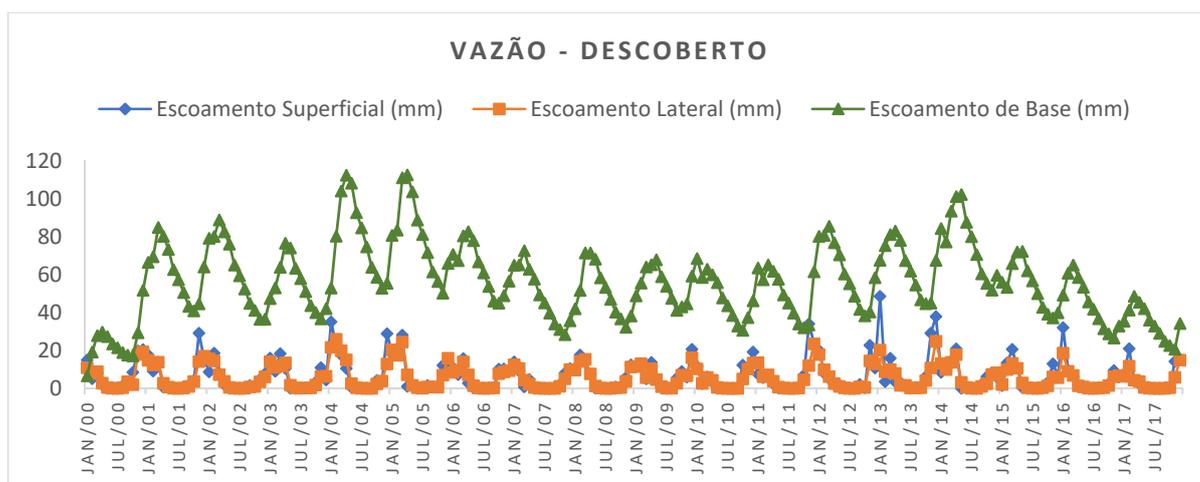


Figura 23 – Relação entre escoamento superficial, lateral e de base para bacia do Rio Descoberto.

## PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

A Figura 24, demonstra que entre os meses de abril a setembro, a bacia do rio Descoberto apresenta um déficit hídrico. Este déficit é decorrente a este período ser caracterizado pelo período de estiagem.

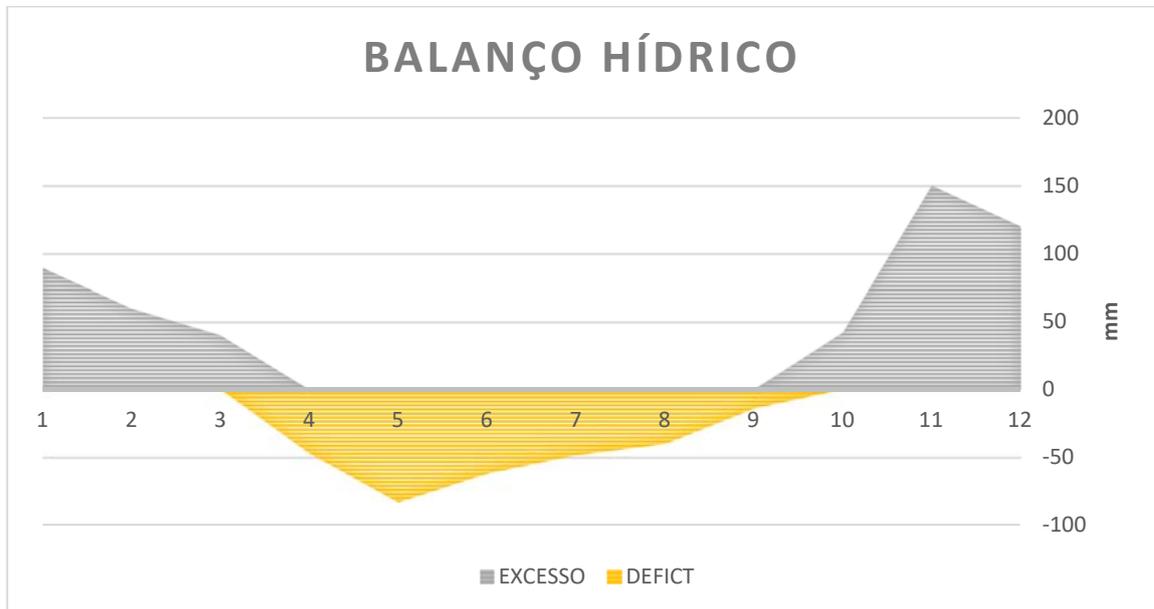


Figura 24– Balanço hídrico da Bacia do rio Descoberto.

Analisando os dados de demanda e disponibilidade para o ano de 2017, baseado no modelo SWAT, pode ser observado, que entre os meses de maio a novembro, a sub bacia apresenta um déficit em relação a quantidade de água disponível para os usos (abastecimento/irrigação) na bacia do rio Descoberto.

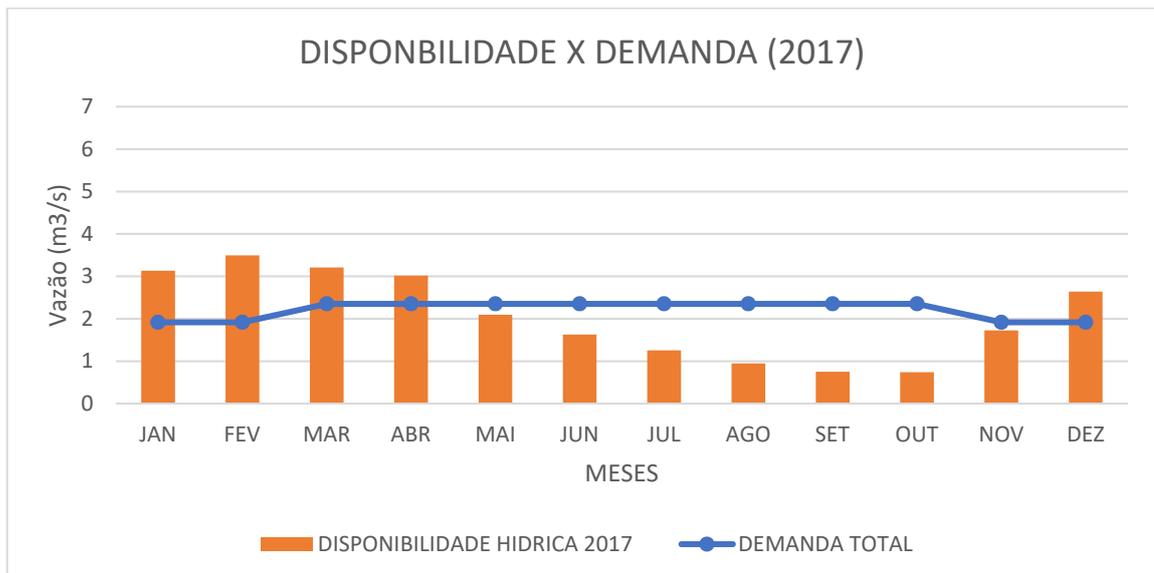


Figura 25– Análise de disponibilidade e demanda para o ano de 2017, na bacia do rio Descoberto.

Na figura 25 se analisarmos o balanço hídrico em relação a disponibilidade de água na bacia do rio Descoberto, observa-se que no mês de outubro começa a recuperação do manancial do período de

PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

estiagem, no entanto a disponibilidade de água só irá começar a se elevar no mês de novembro e dezembro, atingindo seu pico em fevereiro. Este fato demonstra que existe um atraso em relação do balanço hídrico em relação a disponibilidade de água para bacia do rio Descoberto.

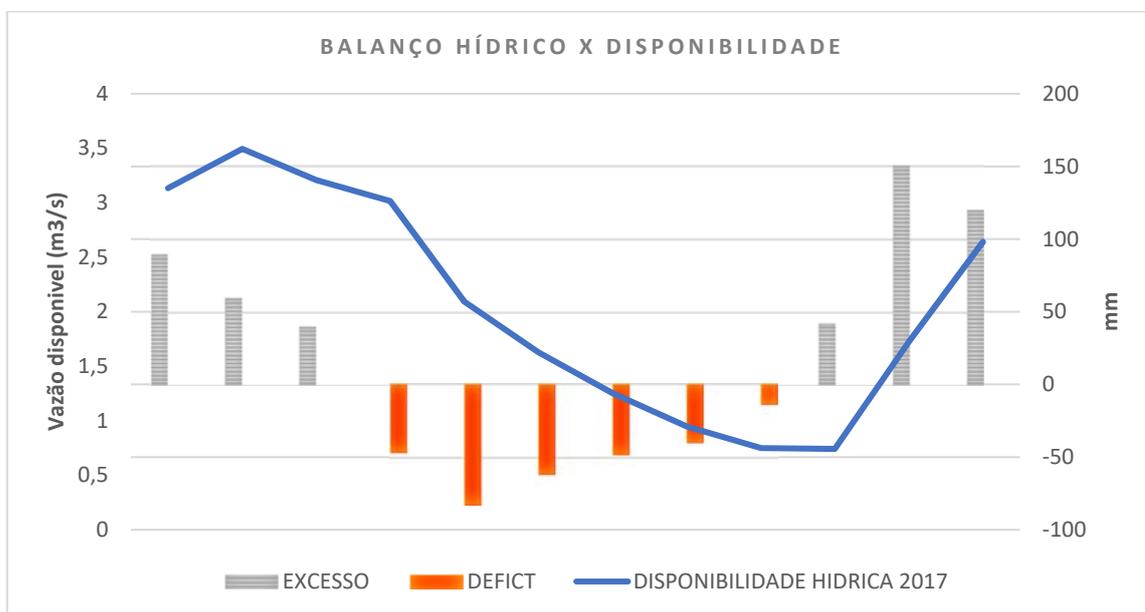
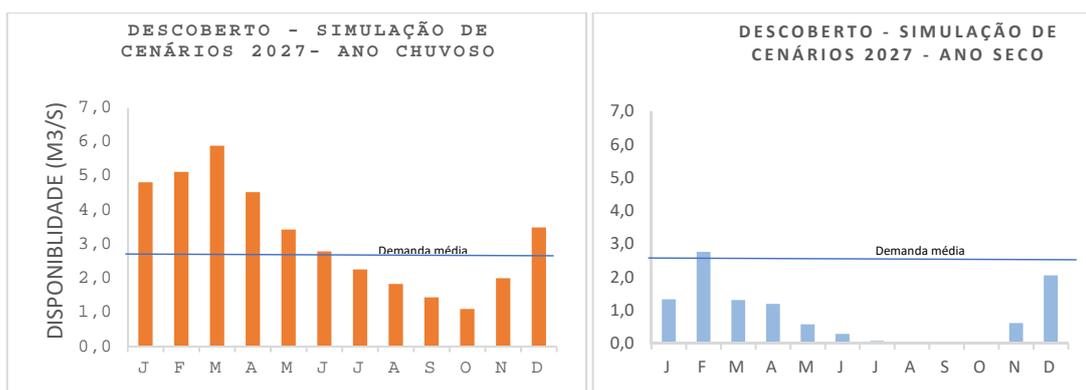


Figura 26– Relação entre Balanço hídrico e disponibilidade de água.

Ainda, para bacia do rio Descoberto foi simulado um cenário, considerando um crescimento populacional e de áreas irrigáveis, para o ano de 2027 e 2067, conforme metodologia apresentada no produto 3. Para esses anos, foram tomados dados de séries históricas com precipitação anual de 1500 mm, estas consideradas como ano chuvoso; e series históricas com precipitação anual menor que 1500 mm, esta considerada ano de seca.



DE	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Demanda total (2027)	2,37	2,37	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,37	2,37

Figura 27– Estudo de Disponibilidade e demanda, considerando projeção de crescimento populacional e área irrigável para o ano de 2027, para um ano com precipitação acima de 1500 mm e para um ano com precipitação abaixo de 1500 mm.

## PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Como pode ser observado na Figura 25, para um ano com precipitações superiores a 1500 mm, nos meses de julho a novembro, a disponibilidade hídrica evidencia não atender a demanda projetada para uso em abastecimento e irrigação na bacia do Descoberto. Enquanto, em um ano seco, com chuvas abaixo 1500 mm, a disponibilidade de água atende à demanda projetada apenas para o mês de fevereiro. Relembrando que o mês de fevereiro, é sempre o mês que ocorre o a maior recarga no sistema hidrológico da bacia do rio descoberto, ou seja, onde o balanço hídrico apresenta o seu maior excesso.

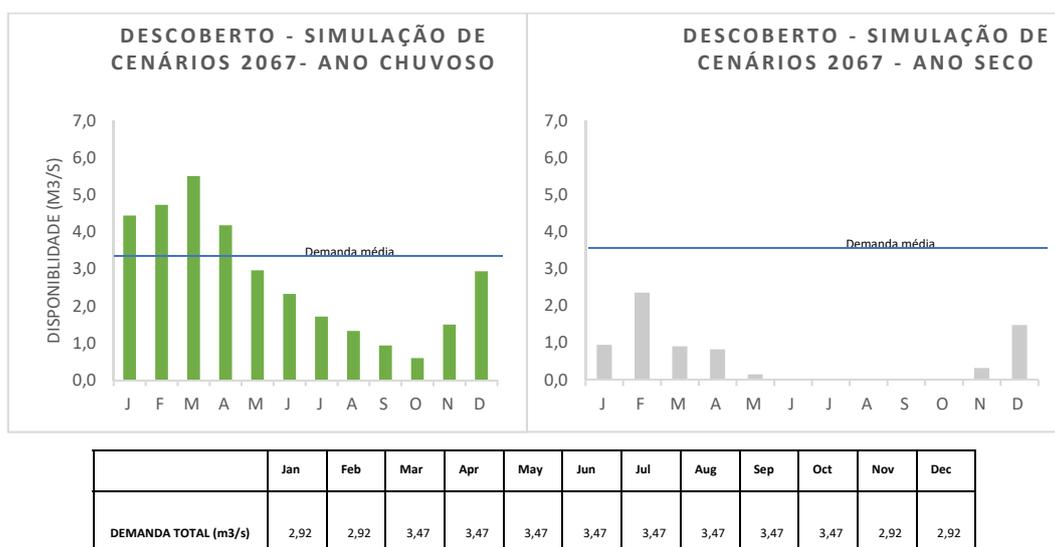


Figura 28– Estudo de disponibilidade e demanda, considerando projeção de crescimento populacional e área irrigável para o ano de 2027, para um ano com precipitação acima de 1500 mm e para um ano com precipitação abaixo de 1500 mm.

Para um cenário considerando um crescimento populacional para 50 anos (2067), e um crescimento de área irrigável de 30%, podemos observar que apenas nos meses de janeiro a abril, no ano com chuvas acima de 1500 mm, seria possível atender a demanda projetada.

### 13.2 - BALANÇO HÍDRICO DA BACIA DO RIO 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

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

na sub-bacia é de 0,44 m<sup>3</sup>/s. A sub bacia do Córrego Chapadinha possui 1300 hectares de áreas preservadas/ campo limpo, 300 hectares de áreas agricultáveis e 350 hectares de áreas urbanizadas. A região Administrativa de Brazlandia encontra-se inserida nesta sub-bacia. Na sub bacia do córrego chapadinha observa-se que vazão outorgada subterrânea é superior a vazão outorgada superficial. De tal forma que, a vazão anual média outorgada para captação superficial é de 0,00134 m<sup>3</sup>/s, enquanto a subterrânea é de 1,381 m<sup>3</sup>/s. O uso da água superficial é basicamente para irrigação de plantações de goiaba.

Em relação as outorgas concedidas pela ADASA para o córrego Chapadinha, pode ser observado que a vazão outorgada superficial é superior a vazão outorgada subterrânea (Tabela 9). Seu principal uso é destinado ao abastecimento humano.

A Tabela 22 apresenta a relação entre porcentagem de vazão outorgada subterrânea e porcentagem de vazão outorgada superficial para sub bacia do Córrego Chapadinha

Tabela 22 – Vazões outorgadas sub-bacia do Rio Descoberto (dados ADASA)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
SUB	98,99%	98,99%	98,99%	99,00%	99,13%	98,69%	98,69%	98,69%	98,69%	98,50%	98,99%	98,99%
SUP	1,012%	1,012%	1,012%	1,003%	0,865%	1,312%	1,312%	1,312%	1,312%	1,499%	1,010%	1,010%

Para determinação da demanda de água por uso, foram utilizados dados de uso e ocupação do solo, considerando para abastecimento de agua apenas áreas de baixa densidade, e para irrigação regiões de olericultura e fruticultura. A Tabela 23 apresenta um resumo de demanda estimada para o ano de 2017, para Bacia do Córrego Chapadinha.

Tabela 23– Demanda de água estimada por uso para o ano de 2017

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Demanda Irrigação Olericultura (m <sup>3</sup> /s)	0,1511	0,1511	0,2159	0,2159	0,2159	0,2159	0,2159	0,2159	0,2159	0,2159	0,1511	0,1511
Demanda Irrigação Fruticultura (m <sup>3</sup> /s)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Demanda Abastecimento (m <sup>3</sup> /s)	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054
Demanda Total (m <sup>3</sup> /s)	0,1565	0,1565	0,2212	0,2212	0,2212	0,2212	0,2212	0,2212	0,2212	0,2212	0,1565	0,1565

Como pode ser observado na Tabela 23, a demanda de água para irrigação para olericultura é superior a demanda de água para abastecimento. Ainda, em relação as demandas estimadas, a Tabela 24, apresenta a estimativa de demanda por captação superficial e captação subterrânea.

Tabela 24– Estimativa de demanda de água por fonte de captação.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Demandas Superficiais (m <sup>3</sup> /s)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002
Demanda Subterrânea (m <sup>3</sup> /s)	0,163	0,167	0,212	0,212	0,213	0,212	0,212	0,212	0,212	0,211	0,167	0,167

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

A Figura 29, apresenta a separação da vazão total e de base, conforme hidrograma e metodologia demonstrados no Produto 2, deste trabalho.

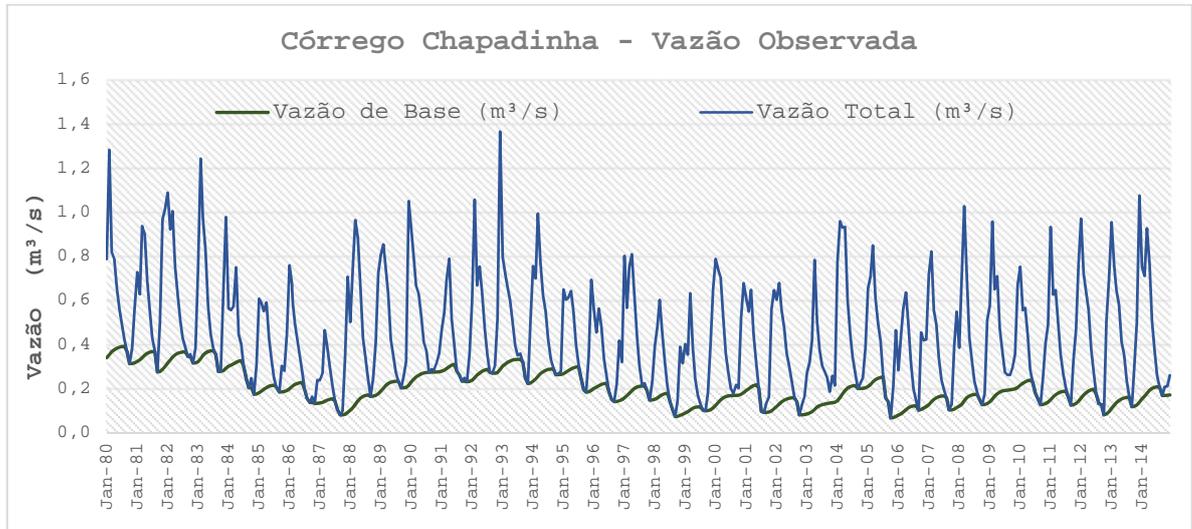
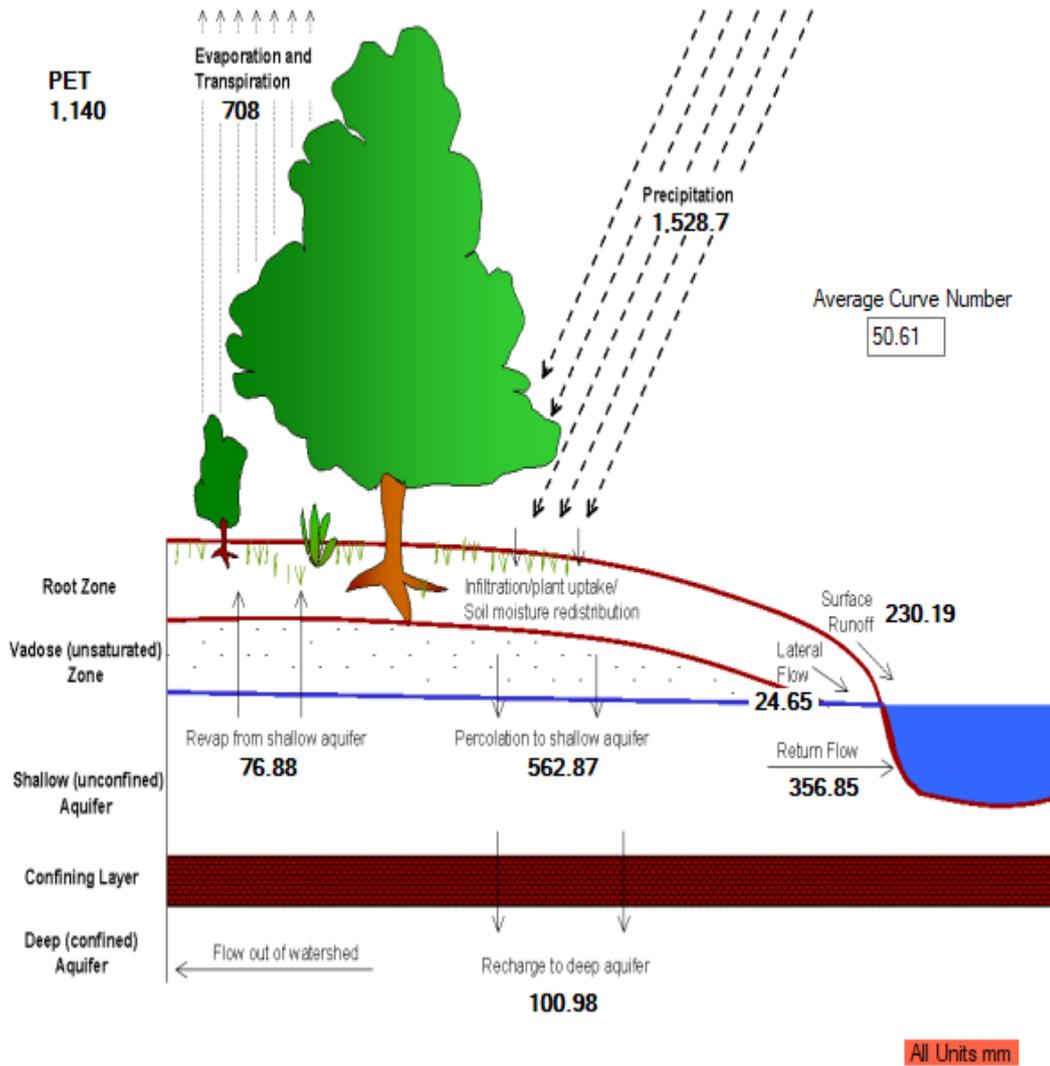


Figura 29– Hidrogramas observado e simulado após calibração dos parâmetros na sub-bacia do Rio Descoberto.

Com base nos dados apresentados anteriormente, os seguintes estudos foram realizados para o Córrego Chapadinha, a partir de modelagem matemática com utilização do SWAT: balanço hídrico, estudo de disponibilidade demanda para 2017, 2027 e 2067.

PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO



Relações do Balanço Hídrico					
Q/P	Eb/Q	Es/Q	Perc/P	Rp/P	E/P
0,4	0,62	0,38	0,37	0,07	0,46
Q - Vazão, P – Precipitação, Eb - Escoamento de base, Es - Escoamento Superficial, Perc – Percolação, Rp - Recarga do Aquífero Profundo, E - Evapotranspiração					

Figura 30– Balanço Hídrico do Córrego Chapadinha com utilização do SWAT

A Figura 30, demonstra o resultado do balanço hídrico do Córrego Chapadinha com utilização do SWAT. Para tanto, pode ser observado:

- A vazão disponível é formada em sua grande parte pelo escoamento de base, seguido da precipitação e depois pelo escoamento superficial. Demonstrando, a importância da conservação da água subterrânea e preservação do solo da região.
- A evapotranspiração é de grande importância para o balanço hídrico do Córrego Chapadinha, indicando a necessidade da preservação dos corredores verdes e APP da bacia.

## PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Tabela 25– Balanço hídrico médio anual para Bacia do Córrego Chapadinha

Ano	Precipitação (mm)	Escoamento Superficial (mm)	Escoamento Lateral (mm)	Escoamento de Base (mm)	Vazão (mm)	Percolação (mm)	Evapotranspiração (mm)
2000	1615,20	230,76	23,54	218,91	473,21	653,58	687,83
2001	1912,50	352,51	33,36	526,21	912,08	761,30	705,24
2002	1026,50	140,39	19,58	321,11	481,08	328,80	664,07
2003	1491,30	197,50	22,81	286,35	506,66	523,08	697,38
2004	2230,30	324,98	41,47	715,87	1082,32	1082,30	704,08
2005	1967,50	324,63	37,00	599,84	961,47	937,86	711,89
2006	1617,20	231,71	28,36	477,75	737,82	618,77	752,21
2007	1115,30	139,59	17,04	238,35	394,98	328,42	674,63
2008	1459,20	218,63	21,61	283,40	523,64	520,57	665,58
2009	1926,10	356,28	28,45	396,69	781,42	732,35	764,16
2010	1252,50	183,26	19,30	282,15	484,71	360,60	696,26
2011	1303,20	182,52	20,44	252,56	455,52	470,12	676,25
2012	1196,20	153,48	19,13	288,88	461,49	364,48	686,42
2013	1981,30	358,52	28,17	386,53	773,22	768,17	747,15
2014	1607,80	229,90	32,41	594,70	857,01	646,05	776,75
2015	1190,00	158,11	17,73	244,13	419,97	354,27	738,58
2016	1247,20	180,45	16,64	173,26	370,35	332,21	731,28
2017	1377,10	180,30	16,74	136,61	333,65	418,10	664,30

Como pode ser observado na Tabela 25, o escoamento superficial é menor que o escoamento de base, mesmo em anos com maior precipitação. O volume percolado é inferior ao volume da evapotranspiração nos anos de menor precipitação, sendo o contrário observado em anos de maior precipitação. A média anual de volume precipitado é de 1527,8 mm, sendo que para este estudo, foram considerados anos chuvosos, os que apresentaram precipitação acima da média anual; e anos de estiagem, os que apresentaram volumes precipitados abaixo da média anual.

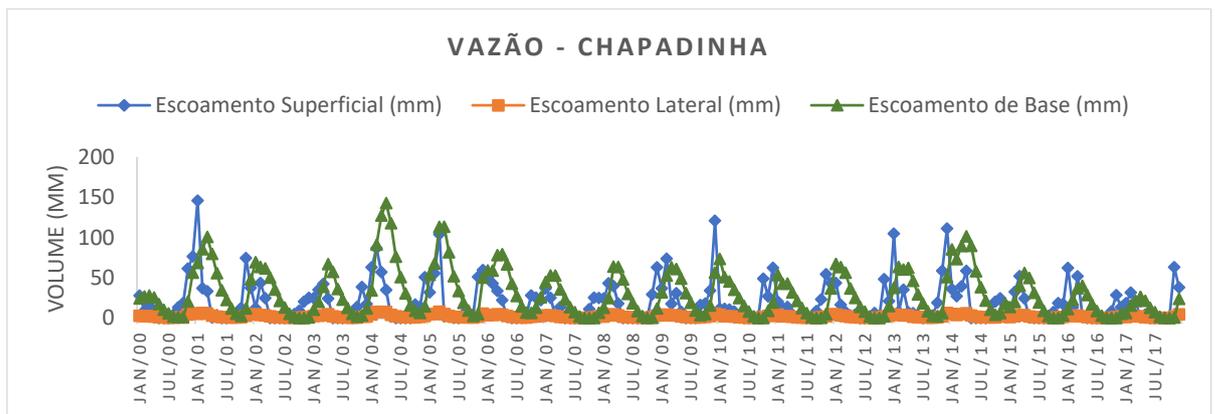


Figura 31– Análise da vazão do córrego Chapadinha

A figura 31, evidencia que o para os meses de chuva, o escoamento de base é superior ao escoamento superficial, com exceção em picos observados nos anos de 2001, 2010 e 2013. Nos anos onde foram observadas as anomalias, foi observada uma precipitação acima da média anual de 1528,7 mm.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

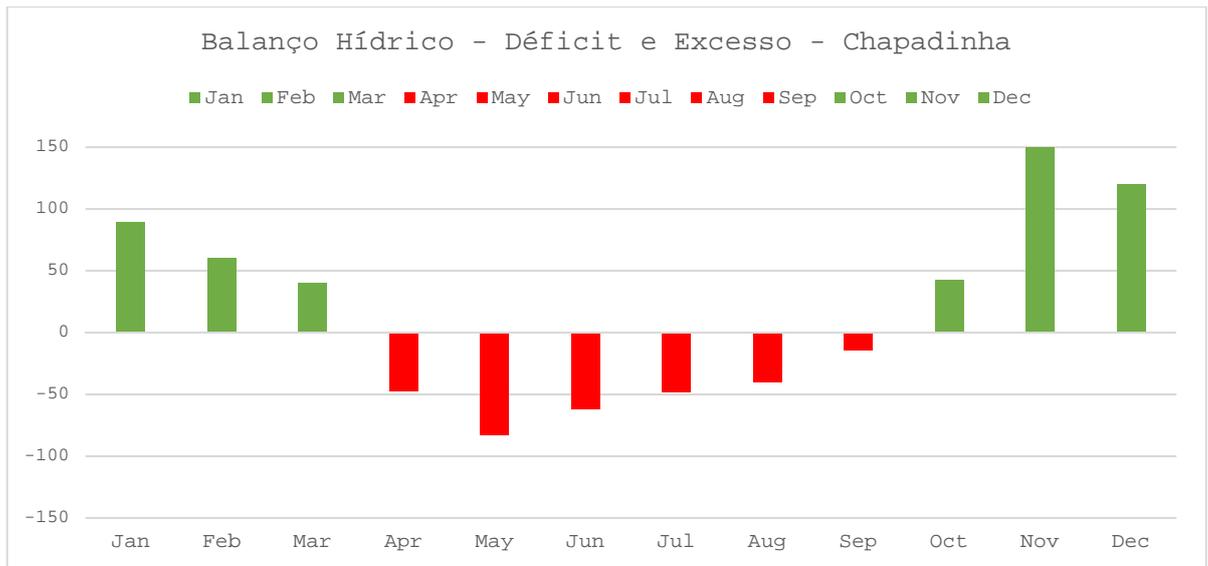


Figura 32– Balanço Hídrico do Córrego Chapadinha – Relação entre Déficit e Excesso.

Conforme demonstrado na Figura 32, os meses de abril a setembro apresentam um déficit de disponibilidade hídrica no sistema do Córrego Chapadinha, sendo o mês de maio o mais crítico. A maior disponibilidade (excesso) pode ser observada nos meses de novembro e dezembro, podendo-se inferir que a recuperação do manancial é rápida com início do período chuvoso.

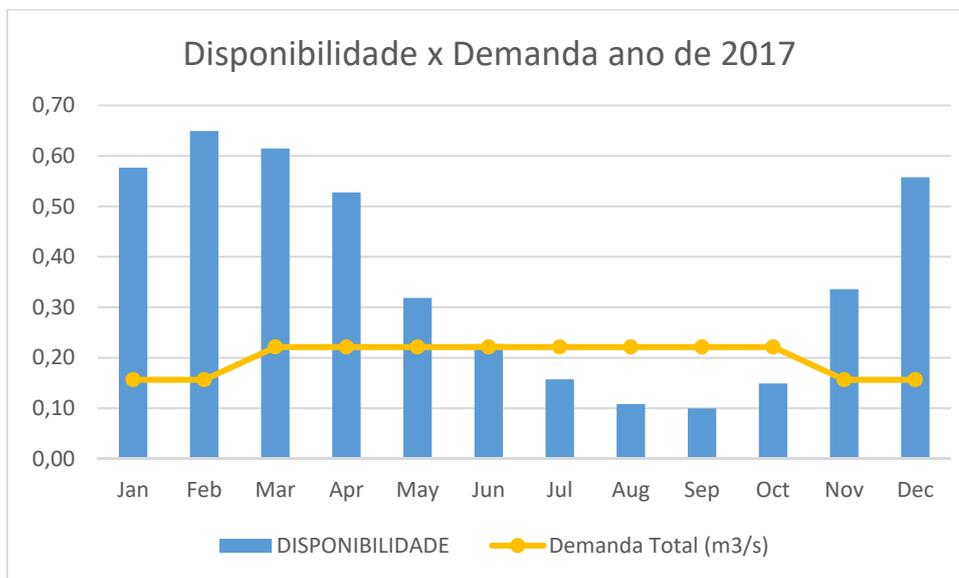


Figura 33– Estudo de disponibilidade e demanda para o ano de 2017, para o córrego chapadinha.

Conforme demonstrado na Figura 33, pode ser observado que os meses de julho a outubro a disponibilidade hídrica modelada, não atende à demanda estabelecida. Estes meses são meses de déficit de água, segundo resultado do balanço hídrico. Observa-se, na Figura 34, o mês com pior déficit é o mês de maio, enquanto o mês de menor de disponibilidade hídrica é o mês de setembro. A recuperação do manancial inicia-se no mês de outubro, atingindo sua melhor “disponibilidade” (excesso) em novembro.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Este comportamento é importante para o gerenciamento da bacia hidrográfica, e estabelecimento de métodos de gestão, incluindo outorga, bem como fiscalização dos volumes outorgados.

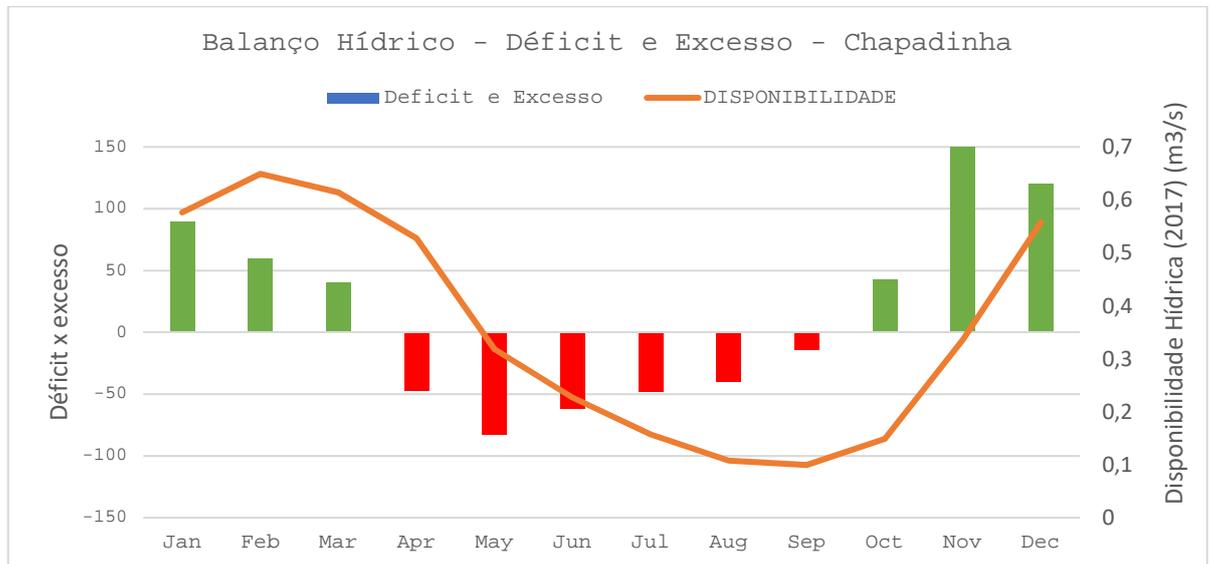


Figura 34– Avaliação do Déficit e Excesso e Disponibilidade Hídrica para o Córrego Chapadinha no ano de 2017.

Para avaliar o comportamento do córrego Chapadinha, bem como estabelecer parâmetros que possam auxiliar no aprimoramento da gestão da bacia hidrográfica, foram realizadas simulações de dois cenários projetados:

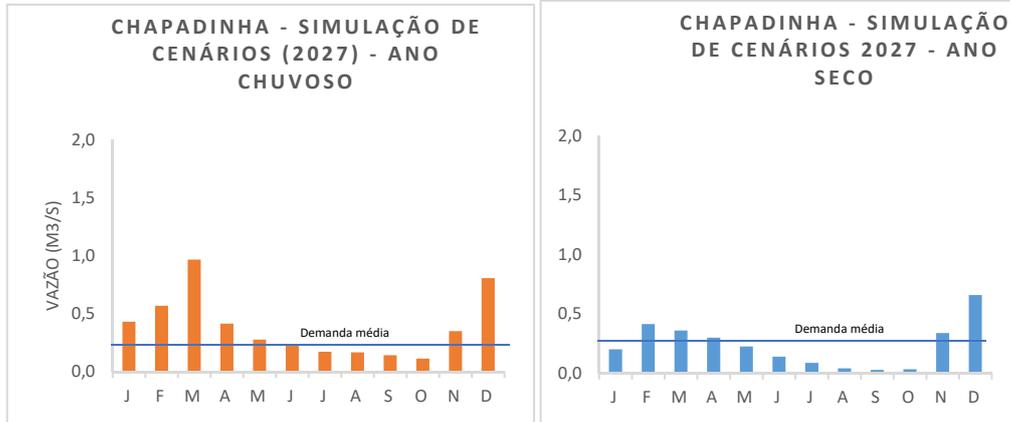
- Cenário 2027 – crescimento populacional para 10 anos e crescimento de áreas irrigáveis em 12,5%.
- Cenário 2067 – crescimento populacional para 50 e incremento da área irrigável em 30%.

Para o cenário de 2027 os seguintes fatores podem ser observados:

- Em ano considerado chuvoso, a vazão disponível de acordo com estudo realizado, atende nos meses de novembro a julho, a demanda projetada para 2027;

**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

- Em anos considerados secos, a vazão disponível não atende à demanda projetada para 2027 nos meses de maio a outubro.
- Em anos chuvosos, o volume de água disponível, para os meses de seca do cerrado, é praticamente constante. Enquanto, no ano seco, onde a precipitação média é abaixo da média anual, a disponibilidade hídrica atinge valores próximos a zero.



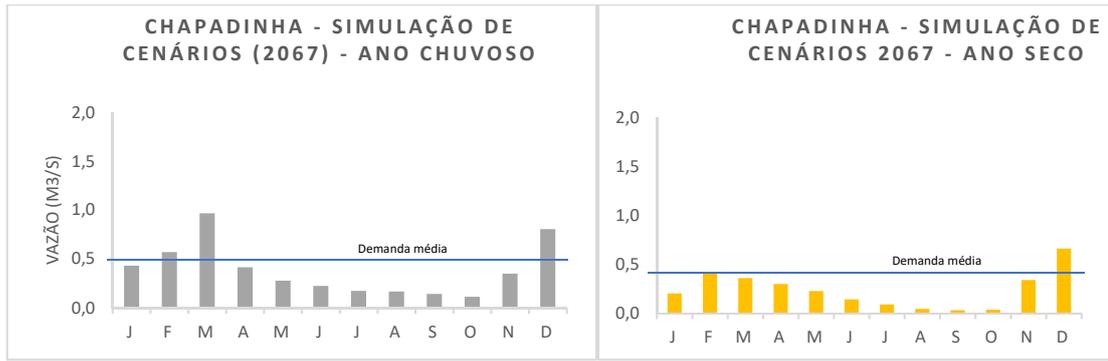
<b>2027</b>	<b>Jan</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Apr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Aug</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>
<b>Demanda</b>												
<b>(m3/s)</b>	<b>0,16</b>	<b>0,24</b>	<b>0,21</b>	<b>0,30</b>	<b>0,24</b>	<b>0,24</b>						

Figura 35– Estudo de Disponibilidade e demanda, considerando projeção de crescimento populacional e área irrigável para o ano de 2027, para um ano com precipitação acima de 1527 mm e para um ano com precipitação abaixo de 1527 mm.

Para um cenário de 2067, pode se observar:

- O pico de recuperação do manancial para um ano chuvoso é diferente do pico do manancial para um ano seco. Observa-se que para um ano chuvoso a disponibilidade hídrica é maior no mês de março, enquanto que em um ano seco a maior disponibilidade hídrica é observada no mês de dezembro.
- Para um cenário de 2067, a demanda média anual é de 0,4 m<sup>3</sup>/s, superior a capacidade da bacia hidrográfica, para os meses de abril a novembro em anos chuvosos, e de janeiro a novembro, para anos secos.

**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**



2067	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Demanda (m3/s)	0,24	0,24	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,24	0,24

Figura 36– Estudo de Disponibilidade e demanda, considerando projeção de crescimento populacional e área irrigável para o ano de 2067, para um ano com precipitação acima de 1527 mm e para um ano com precipitação abaixo de 1527 mm.

**13.3 - BALANÇO HÍDRICO DA BACIA DO RIO 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. Esta é uma bacia monitorada com dados fluviométricos entre 1985 a 2014. A vazão média para o período observado é de 0,30 m<sup>3</sup>/s. O volume total médio determinado para o Córrego Olaria é de 1,16 hm<sup>3</sup>.

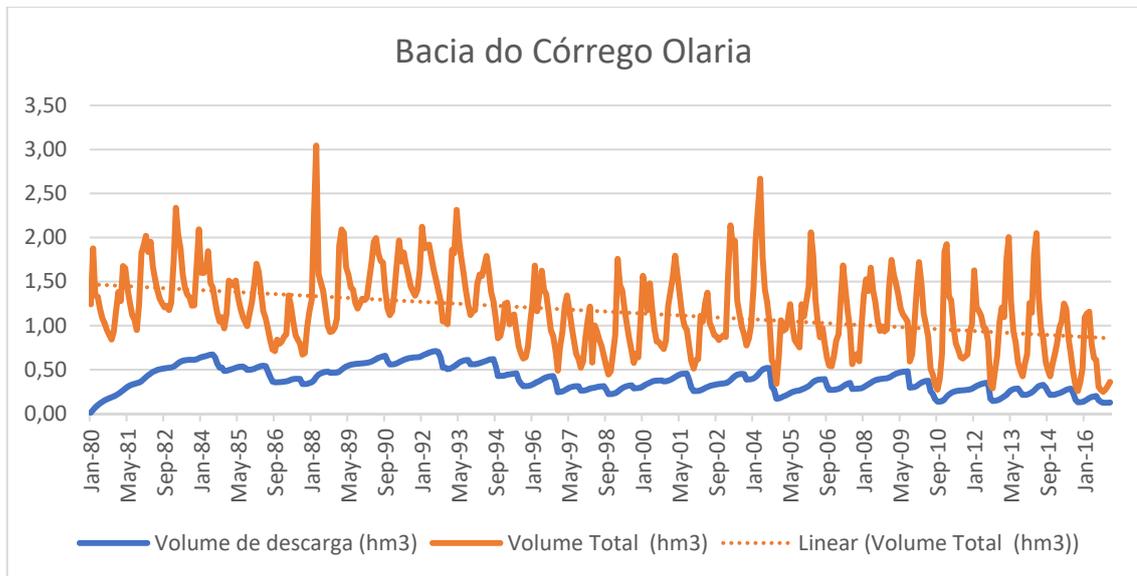


Figura 37– Volume médio mensal na sub-bacia do córrego Olaria

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

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.

A figura 38, apresenta o gráfico resultante da separação da vazão de base do fluxo total da sub-bacia do Córrego Olaria.

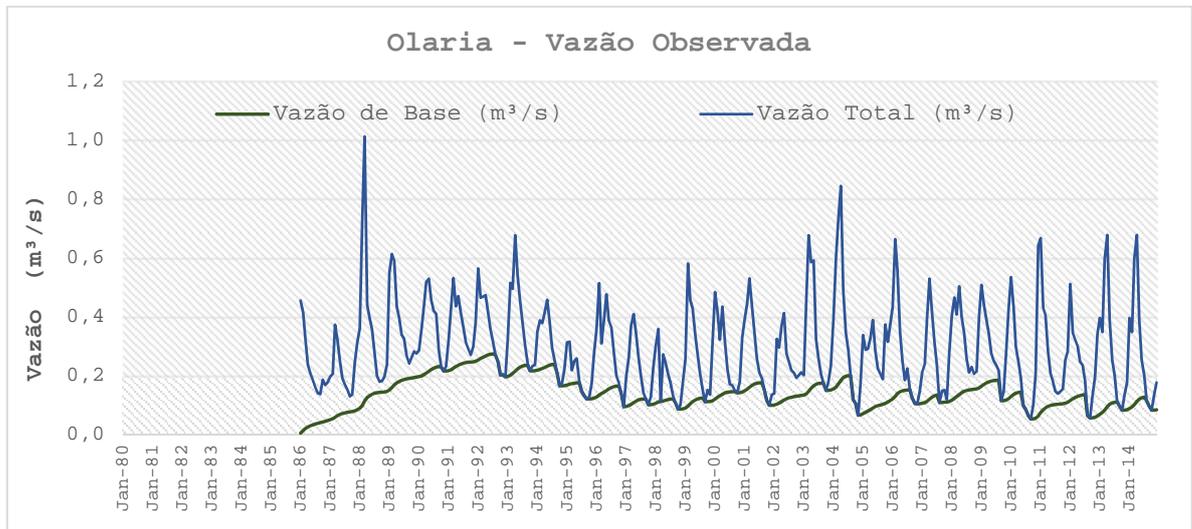


Figura 38- Vazão total e fluxo de base separado pelo método do filtro digital. Sub-bacia do Córrego Olaria

Ressalta-se, que a modelagem para o Córrego Olaria, apresentou baixos coeficientes de calibração para os meses de chuva, ou seja, vazão elevada. No entanto, apresentou ótima correlação para períodos de estiagem, estes os mais críticos para tomada de decisão e gerenciamento da bacia hidrográfica.

Em relação ao uso e ocupação do solo, o Córrego Olaria, apresentou em porcentagem de área agricultável a com maior uso. Esta possui 150 hectares de áreas classificada como campo limpo, passível de utilização agrária. O maior impacto do local é em relação a deficiência de proteção das margens do manancial, local este onde são encontrados processos erosivos e transporte de sedimentos para o braço do reservatório do descoberto. Parte da RA de Brazlandia encontra-se inserida nesta sub bacia.

Em relação as outorgas concedidas pela ADASA, a sub bacia do córrego Olaria possui um maior volume de água subterrâneo outorgado se comparado com o uso superficial. Está sub bacia localiza-se em uma área rural, onde a água subterrânea é utilizada para abastecimento humano e a água superficial para irrigação de hortaliças.

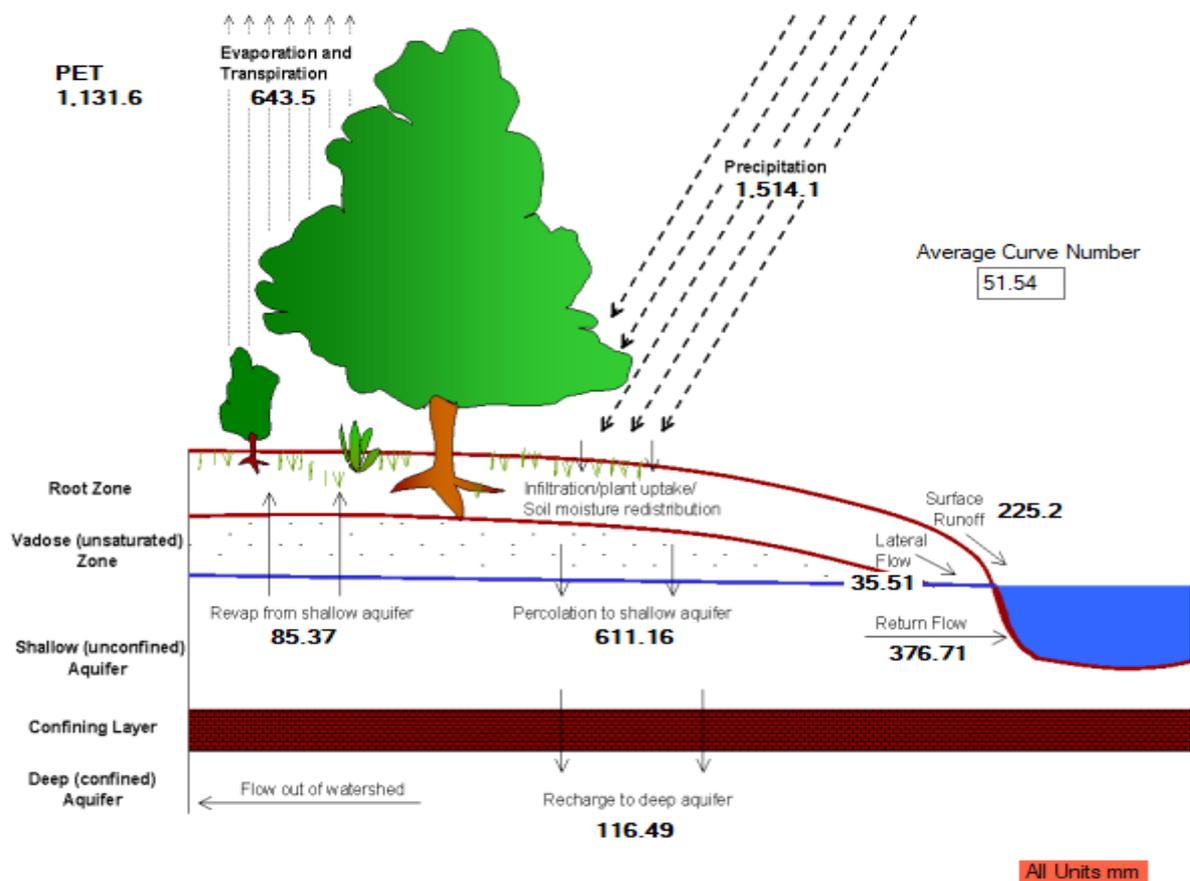
O estudo de demanda demonstrou que o principal uso da água da bacia é irrigação de olericultura, seguido por abastecimento humano e irrigação de fruticultura (Tabela 26).

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 26– Estudo de demanda para sub-bacia do Córrego Olaria.

DEMANDA (2017)	VAZÃO (m3/s)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Olericulture	0,22	0,22	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,22	0,22
Fruticulture	0,06	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06
Abastecimento	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	0,28	0,28	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,28	0,28

Com base no estudo hidrológico e estudo de demanda, foi realizada uma modelagem matemática, com aplicação do SWAT, para análise do balanço hídrico e cenários projetados para sub-bacia do córrego Olaria.



Relações do Balanço Hídrico					
Q/P	Eb/Q	Es/Q	Perc/P	Rp/P	E/P
0,42	0,65	0,35	0,4	0,08	0,43

Q - Vazão, P – Precipitação, Eb - Escoamento de base, Es - Escoamento Superficial, Perc – Percolação, Rp - Recarga do Aquífero Profundo, E - Evapotranspiração

Figura 39– Balanço Hídrico da Sub bacia do Córrego Olaria – aplicação do SWAT

Os resultados do balanço hídrico do córrego Olaria, apontam:

**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

- Do volume precipitado 40% é percolado, 43% retorna para o sistema em forma de evapotranspiração, e 8% seguem para recarga do aquífero profundo.
- A vazão disponível é resultante em 65% do escoamento de base e 35% do escoamento superficial, demonstrando a necessidade de estabelecer regras claras de utilização de água subterrânea, pois a manutenção do sistema, decorre do seu aporte.

Tabela 27– Resumo das médias anuais resultantes do balanço hídrico do córrego Olaria

Ano	Precipitação (mm)	Escoamento Superficial (mm)	Escoamento Lateral (mm)	Escoamento de Base (mm)	Vazão (mm)	Percolação (mm)	Evapotranspiração (mm)
2000	1619,40	246,10	34,14	291,16	571,40	705,63	630,77
2001	1837,40	351,93	44,99	451,65	848,57	749,64	646,44
2002	1075,80	93,59	33,24	419,01	545,84	416,98	620,44
2003	1482,10	176,81	33,09	349,78	559,68	604,13	636,15
2004	2175,30	432,45	53,10	536,26	1021,81	1001,53	637,73
2005	1929,80	373,10	50,42	561,15	984,67	893,38	664,69
2006	1542,10	149,80	41,09	504,57	695,46	689,21	670,17
2007	1106,70	99,38	28,14	371,78	499,30	411,66	588,83
2008	1422,70	196,89	30,95	325,29	553,13	558,91	596,88
2009	1841,90	304,68	37,83	354,58	697,09	759,13	709,66
2010	1244,70	150,75	28,79	331,12	510,66	424,66	628,95
2011	1371,20	194,32	29,90	291,08	515,30	550,36	628,25
2012	1273,70	133,57	32,02	328,47	494,06	494,04	635,96
2013	1981,30	460,39	38,86	364,54	863,79	762,21	665,87
2014	1607,80	240,88	47,73	493,78	782,39	703,87	688,49
2015	1190,00	142,07	28,78	358,08	528,93	421,85	639,91
2016	1247,70	155,95	24,63	256,44	437,02	391,51	690,52
2017	1305,00	150,99	21,55	191,99	364,53	448,99	602,72

Como pode ser observado na Tabela 27, em anos com maior precipitação, o escoamento superficial, resulta em um aporte maior ao sistema hídrico da bacia que em anos de estiagem. Outro fato a ser observado, que em períodos de estiagem a evapotranspiração resulta em maior aporte ao sistema, se comparado em períodos chuvoso.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

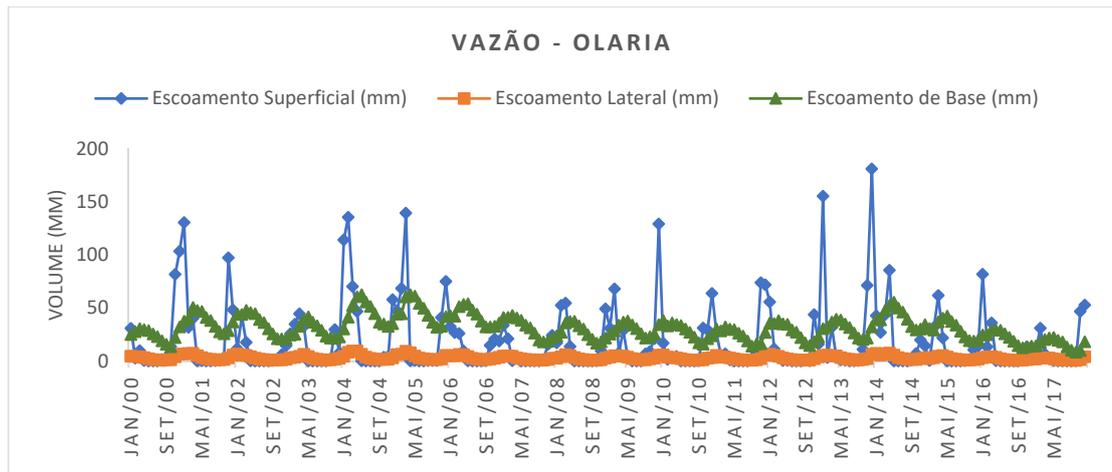


Figura 40– Vazão do córrego Olaria – resultante do balanço hídrico.

A figura 40, aponta que em anos de onde foi observada uma precipitação média anual acima da média de 1.514 mm, o escoamento superficial produziu picos, resultante em um aporte maior que o escoamento de base. No entanto, para anos secos, o escoamento de base é o maior constituinte da vazão disponível. Reforça a importância em ambos os casos, para uma avaliação da forma de gerenciamento dos recursos hídricos, bem como a manutenção do meio ambiente.

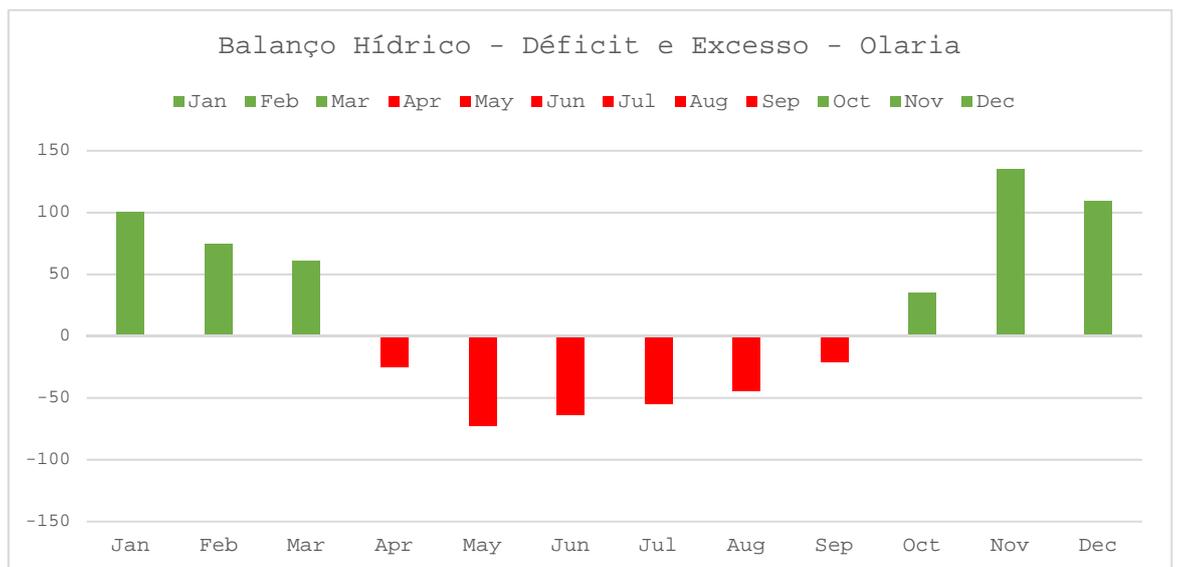


Figura 41– Resultado de déficit e excesso resultante do balanço hídrico do Córrego Olaria.

Como pode ser observado na Figura 41, o mês de novembro apresenta a maior recarga do sistema, e os meses de abril a setembro os mais críticos. Observa-se ainda que após a retomada das chuvas, o sistema se recupera rapidamente. Fato este observado em bacias pequenas e com grandes áreas de solo exposto.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

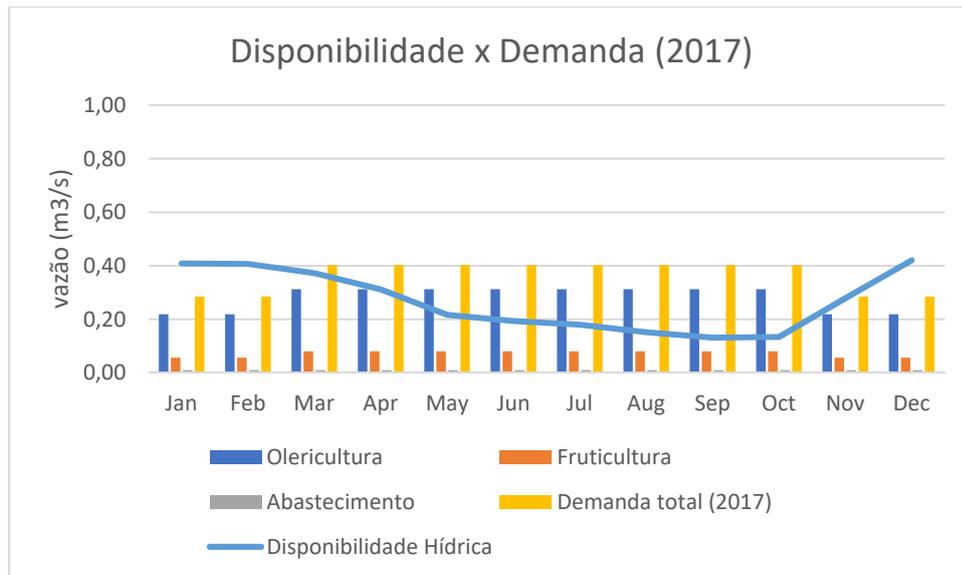


Figura 42– Estudo de Disponibilidade e Demanda para o ano de 2017.

Ainda para o córrego Olaria, podemos observar que os meses de março a novembro, a disponibilidade hídrica é inferior a demanda estimada para o ano de 2017.

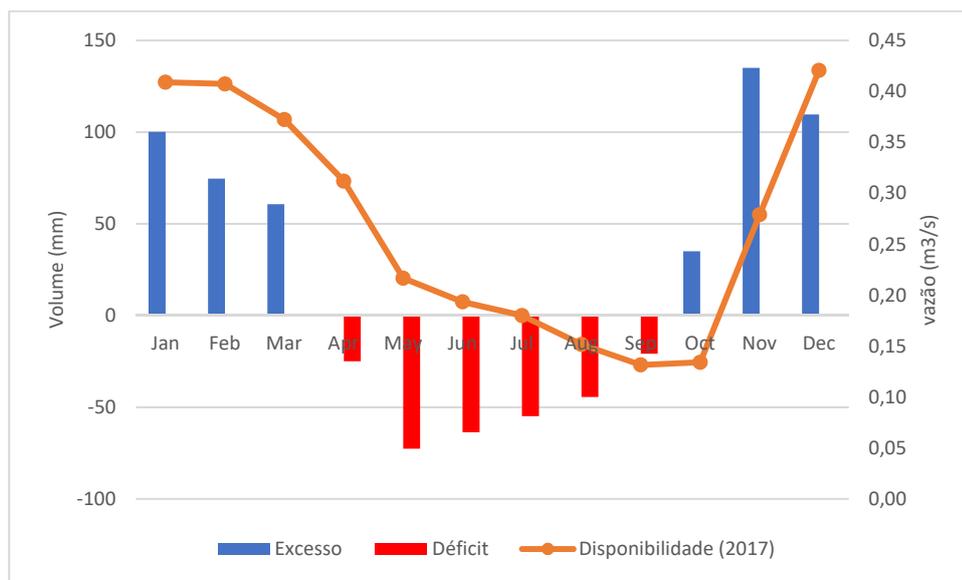


Figura 43– Avaliação Balanço Hídrico e Disponibilidade Hídrica

Observa-se na Figura 43, que a recuperação da vazão disponível para bacia do córrego Olaria, coincide com o período de início do excesso do balanço hídrico. Este fato sugere a importância não só do escoamento de base, mas da manutenção do escoamento superficial. Em bacias hidrográficas de menor área e com menor área impermeável, a recuperação é mais rápida que em bacias com grandes áreas e áreas impermeáveis.

Foram estudados para o córrego Olaria dois cenários com projeção de crescimento populacional e áreas irrigáveis, para anos considerados secos (precipitação abaixo da média anual de 1514 mm), e para anos considerados chuvosos (precipitação acima da média anual de 1514 mm).

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Para o cenário 1, foi considerada a projeção populacional de 10 anos e um crescimento de áreas irrigáveis de 12,8%. Para o cenário 2, foi considerada uma projeção populacional para 50 anos e crescimento em 30% de áreas irrigáveis.

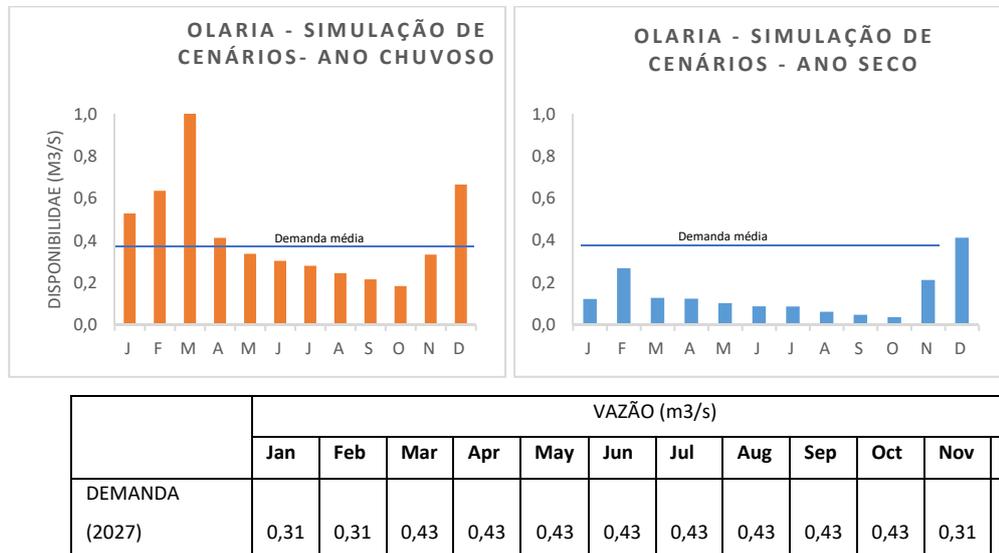


Figura 44– Estudo de Disponibilidade e Demanda ano de 2027 (cenário 1)

Na avaliação da Figura 44, observa-se que em anos chuvosos, a disponibilidade hídrica é insuficiente para os meses de maio a novembro. Ainda deve apontar que o mês de novembro, é onde a bacia apresenta a maior recuperação (excesso) dentro do balanço hídrico. Nos anos de estiagem, apenas o mês de dezembro atenderia a demanda projetada.

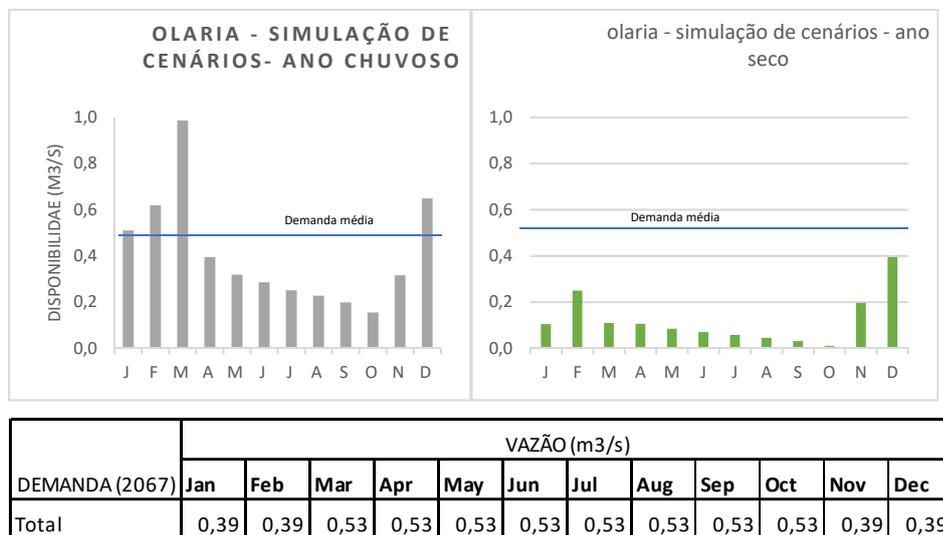


Figura 45- Estudo de Disponibilidade e Demanda ano de 2067 (cenário 2)

Considerando o Cenário 2, em anos considerados chuvosos, a disponibilidade hídrica atende à demanda projetada nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. No entanto, para anos de baixa precipitação, a demanda supera a disponibilidade.

### 13.4 - BALANÇO HÍDRICO DA BACIA DO RIO 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 Figura 46.

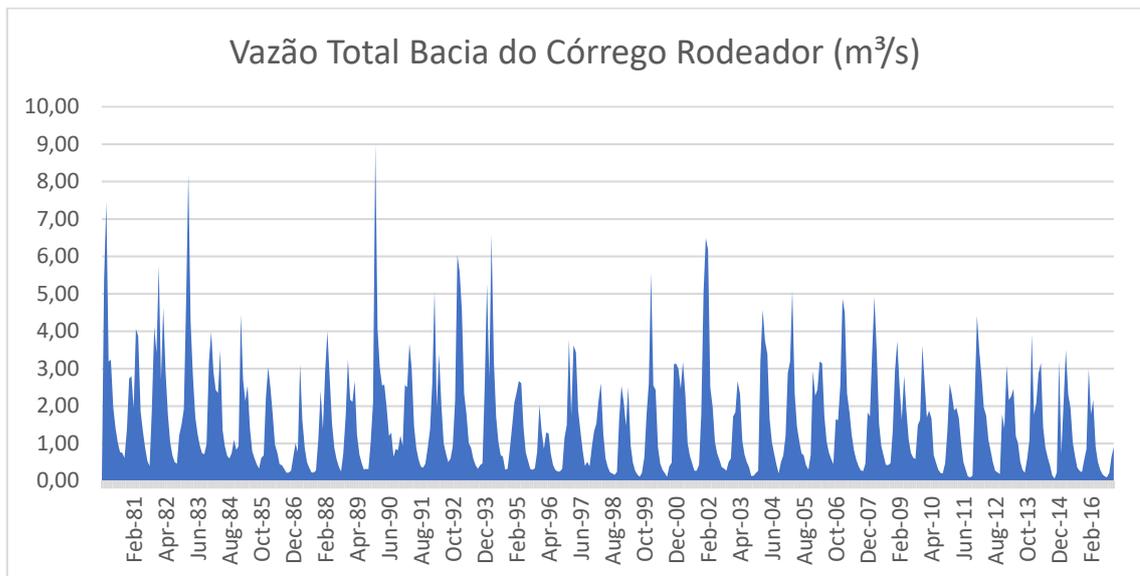


Figura 46- Vazões médias mensais na sub-bacia do córrego Rodeador

A Figura 47 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. O volume médio determinado para a Sub Bacia do Córrego Rodeador é de 5,34 hm<sup>3</sup>/ano.

Na Figura 47 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).

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

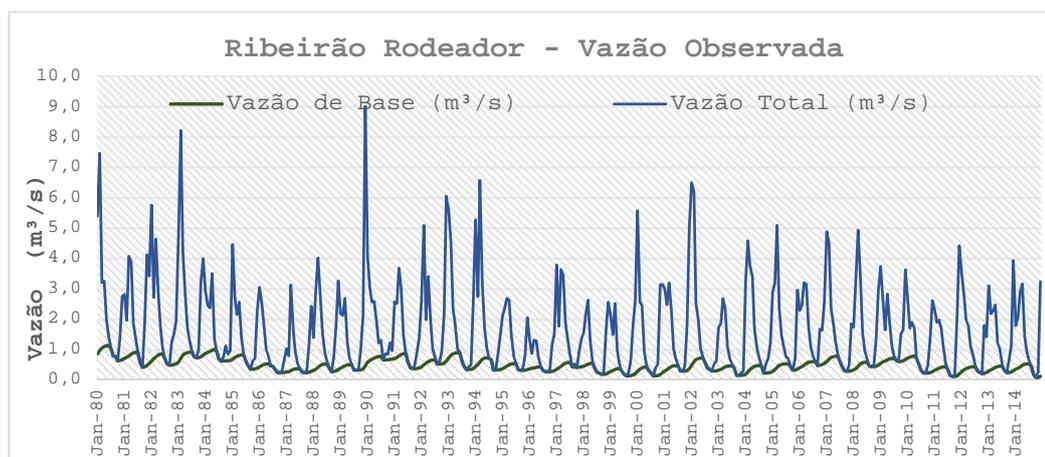


Figura 47– Vazão total e fluxo de base separado pelo método do filtro digital. Sub-bacia do Ribeirão Rodeador.

Os resultados da modelagem utilizando o SWAT, obtiveram um NS de 0,69, demonstrando uma boa resposta para determinação do balanço hídrico e análise de cenários, conseqüentemente, uma boa ferramenta de gestão.

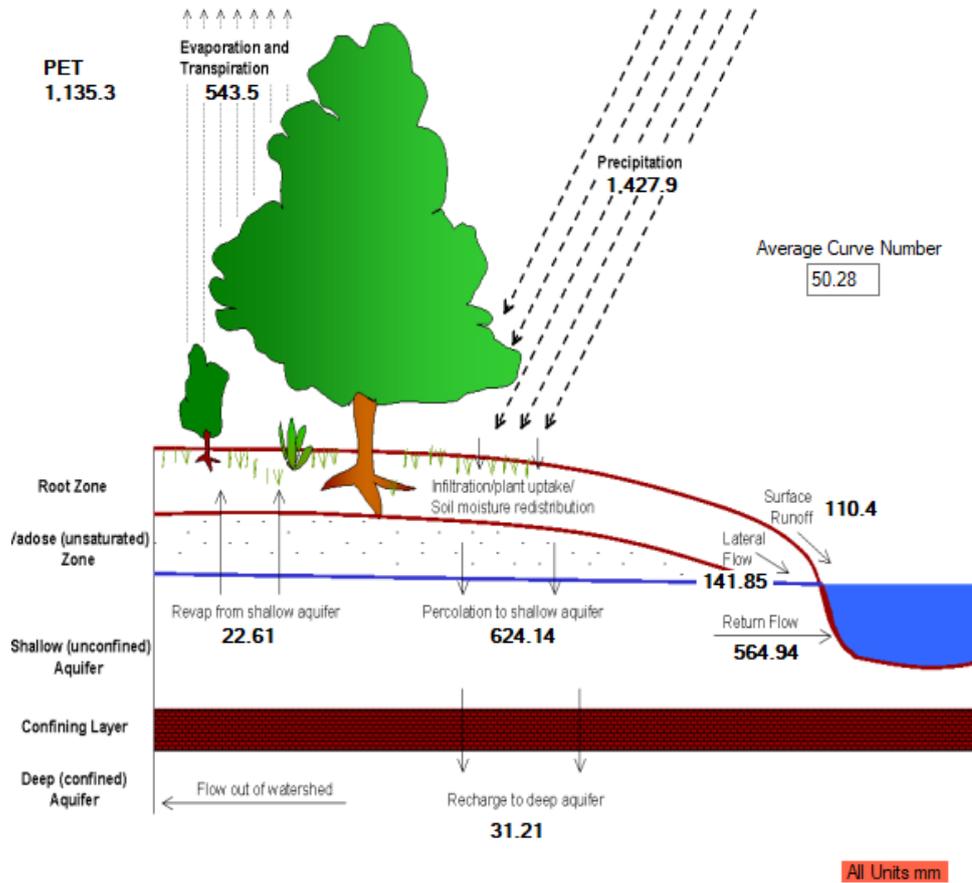
Quanto as vazões outorgadas pela ADASA, a sub bacia do córrego Rodeador para concedeu captação de uma vazão superficial de 8,61 m<sup>3</sup>/s, enquanto que para captação subterrânea de 34,34 m<sup>3</sup>/s. Onde 99,97% da vazão outorgada superficial é para irrigação, 0,013% para abastecimento humano, e o restante para outros usos como industrial, piscicultura, e dessedentação animal (Tabela 28).

Tabela 28– Demanda projetada para 2017 – baseada no uso e ocupação do solo

Demanda (2017)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Olericultura	1,43	1,43	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	1,43	1,43
Fruticultura	0,08	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,08	0,08
Abastecimento	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Total	1,56	1,56	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21	1,56	1,56

A partir da demanda projetada para 2017 e dados hidrológicos avaliados, foram realizados estudos de disponibilidade e demanda para diversos cenários, e o balanço hídrico, para o Córrego Rodeador, com utilização do SWAT.

PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO



Relações do Balanço Hídrico					
Q/P	Eb/Q	Es/Q	Perc/P	Rp/P	E/P
0,57	0,86	0,14	0,44	0,02	0,38
Q - Vazão, P – Precipitação, Eb - Escoamento de base, Es - Escoamento Superficial, Perc – Percolação, Rp - Recarga do Aquífero Profundo, E - Evapotranspiração					

Figura 48– Balanço Hídrico Córrego Rodeador – SWAT

O balanço hídrico do córrego Rodeador, representado na Figura 48, podemos inferir:

- 86% da vazão disponível do córrego Rodeador é decorrente do escoamento de base, e apenas 14% decorrente do escoamento superficial;
- Conforme o modelo a precipitação média anual é de 1.427,9 mm;
- 57% do volume precipitado se reverte na vazão (disponibilidade hídrica), 38% evapotranspirado e 2% é percolado para recarga de aquífero profundo.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Tabela 29– Resumo das médias anuais – Balanço Hídrico

Ano	Precipitação (mm)	Escoamento Superficial (mm)	Escoamento Lateral (mm)	Escoamento de Base (mm)	Vazão (mm)	Percolação (mm)	Evapotranspiração (mm)
2000	1553,80	101,90	154,64	317,69	574,23	678,81	534,05
2001	1398,30	77,05	140,61	601,06	818,72	632,02	537,01
2002	1131,10	62,31	104,64	602,09	769,04	454,22	528,13
2003	1129,10	53,57	106,17	461,07	620,81	479,27	538,63
2004	1692,20	112,58	181,19	624,43	918,20	817,82	521,35
2005	1655,40	125,78	180,37	729,51	1035,66	825,36	542,67
2006	1474,20	72,38	147,08	618,11	837,57	675,65	585,55
2007	1242,40	87,90	122,10	562,11	772,11	528,14	514,83
2008	1495,00	100,81	147,41	532,61	780,83	661,78	564,13
2009	1573,60	122,31	158,98	639,73	921,02	719,94	585,24
2010	1239,70	109,13	110,34	442,46	661,93	466,73	521,23
2011	1512,00	125,16	162,97	503,50	791,63	724,92	525,18
2012	1468,80	143,81	148,35	725,88	1018,04	657,75	522,89
2013	1981,30	247,10	211,11	713,28	1171,49	941,95	556,49
2014	1607,80	139,86	169,53	947,54	1256,93	758,18	575,46
2015	1190,00	103,80	105,28	485,35	694,43	458,68	550,94
2016	1251,90	99,21	106,99	367,82	574,02	446,36	596,00
2017	1105,10	102,48	95,63	294,68	492,79	395,95	483,86

No balanço hídrico do córrego Rodeador, demonstra a importância da manutenção e preservação da água subterrânea da sub-bacia, uma vez que esta é a principal responsável pela manutenção do equilíbrio hídrico da mesma.

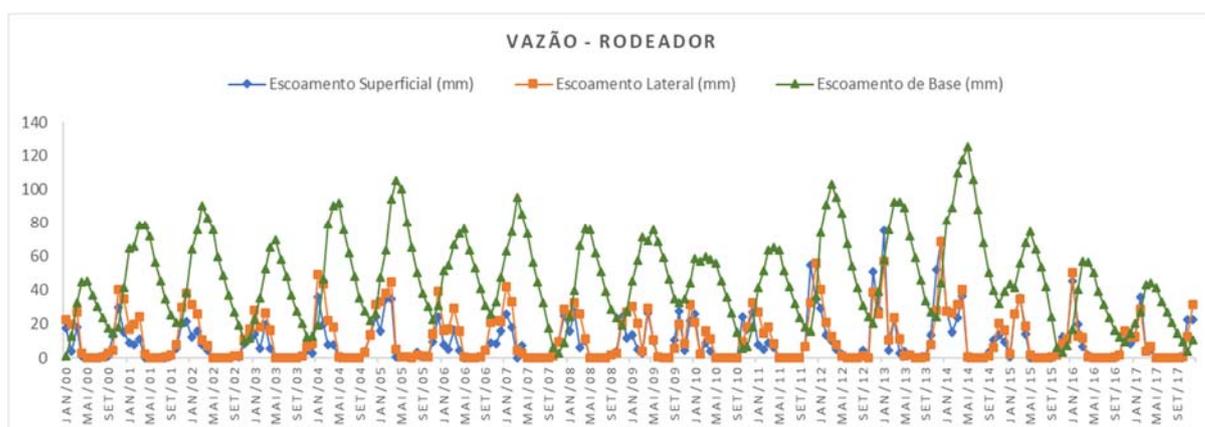


Figura 49– Comparação entre escoamento de base e superficial no balanço Hídrico do córrego Rodeador.

Outro fato que reforça a hipótese anterior é a importância do volume percolado ao longo da bacia, comparado com volume evapotranspirado e vazão, principalmente em meses chuvosos.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

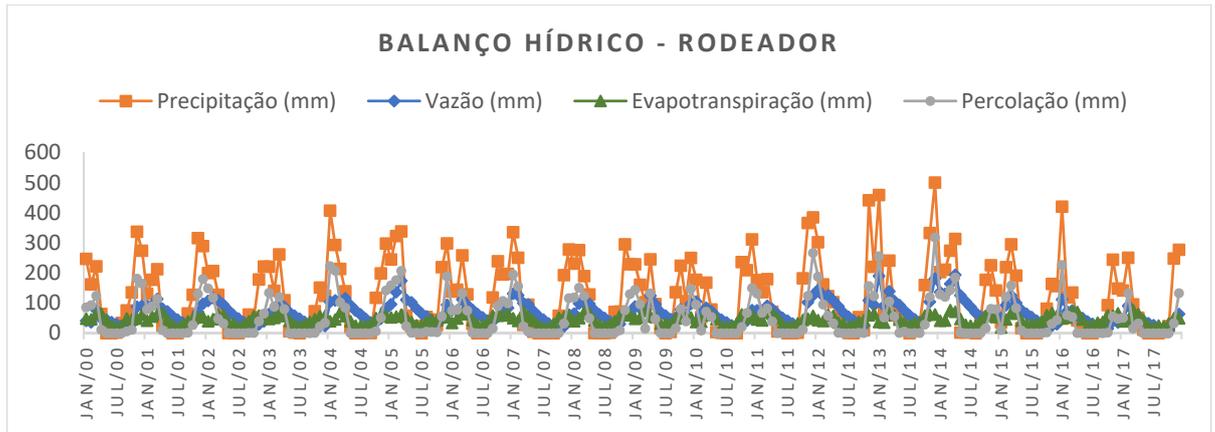


Figura 50– Comparação entre volume precipitado, vazão, evapotranspirado e percolado da bacia do Rodeador.

O balanço hídrico demonstrou que o pico de recarga (excesso) no sistema é em novembro, e o mês mais crítico é em maio.

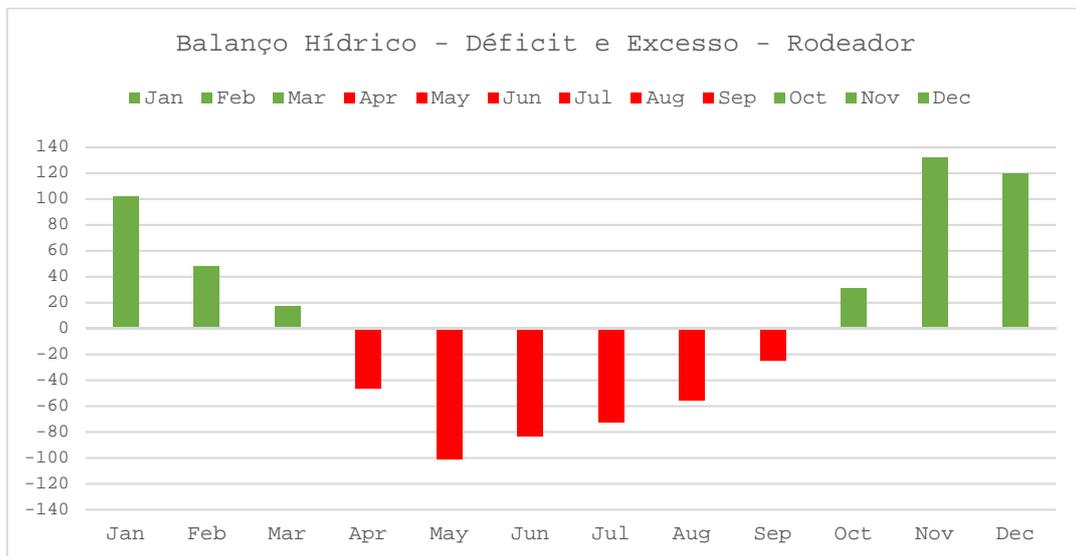


Figura 51– Avaliação de déficit e excesso da bacia do Rodeador.

Avaliando a demanda, disponibilidade e o balanço hídrico para bacia do Rodeador, podemos inferir que os meses de maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro, ocorre um déficit em relação a demanda e disponibilidade. Este fato é importante por demonstrar que existe um retardo em relação a recuperação da disponibilidade e o balanço hídrico, haja visto, que a maior disponibilidade de água ocorre no mês de fevereiro e o maior excesso de água no balanço ocorre no mês de novembro.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

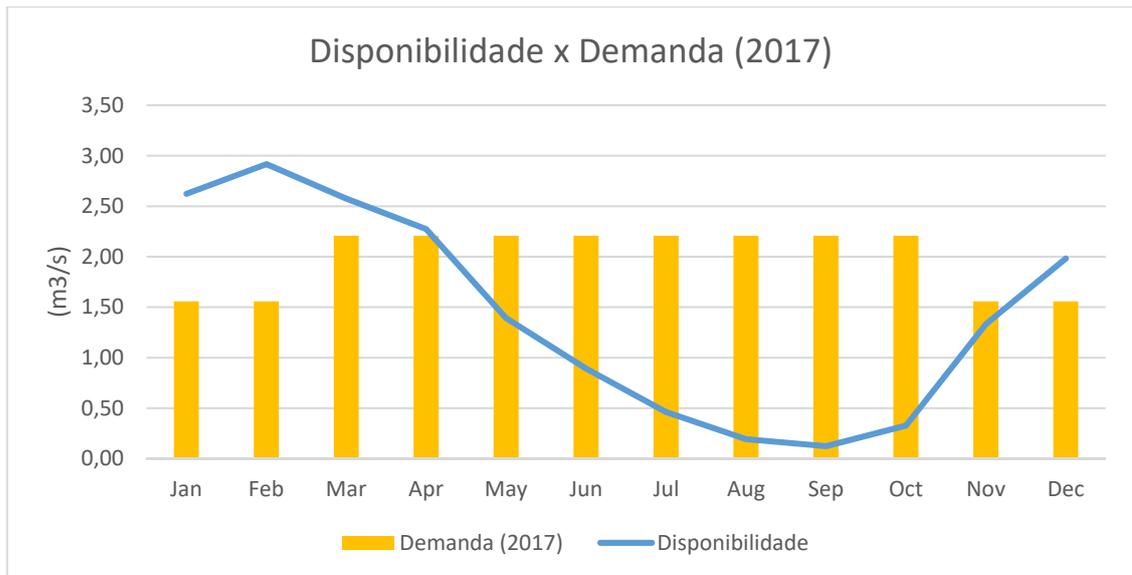


Figura 52– Avaliação Disponibilidade e demanda para o Córrego Rodeador (2017)

O retardo em recuperação do manancial, pode ser atribuído a grande demanda de uso de água subterrânea, principal mantenedor do equilíbrio hídrico da bacia. A figura 53 permite visualizar melhor a demora para recuperação do manancial.

Esta observação é importante, pois aponta, que o gerenciamento do uso da água subterrânea na bacia do Rodeador deve ser mais restritivo.

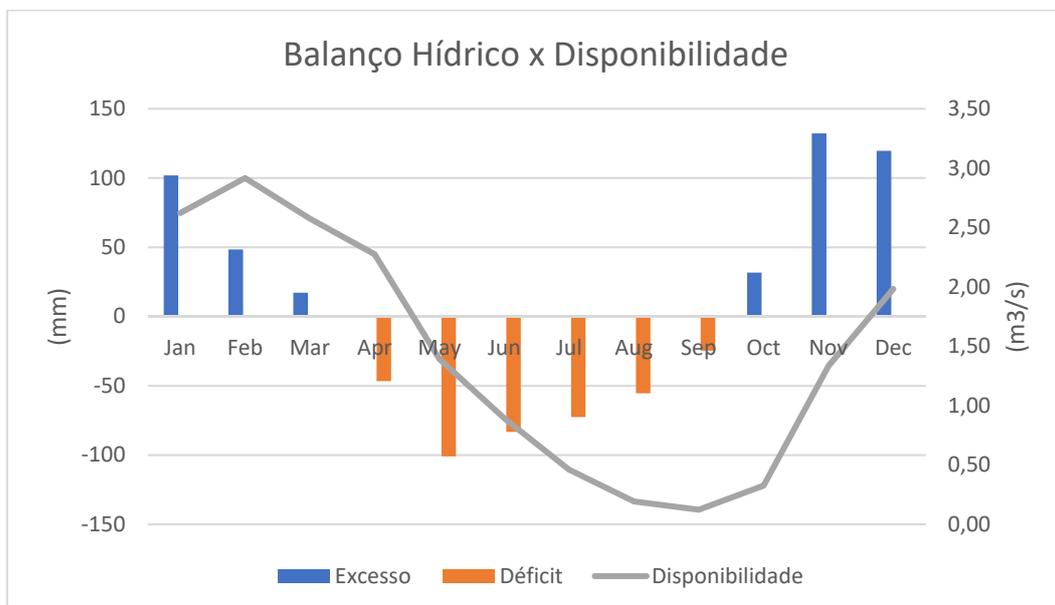


Figura 53– Avaliação do Balanço Hídrico e Disponibilidade Hídrica para o córrego Rodeador.

Ainda, para o córrego Rodeador, foram realizados estudos de cenários computando crescimento populacional para 10 e 50, aumento da área irrigável para 12,8% e 30%, para anos considerados de seca

**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

(precipitação abaixo da média anual), e anos considerados chuvosos (precipitação acima da média anual).

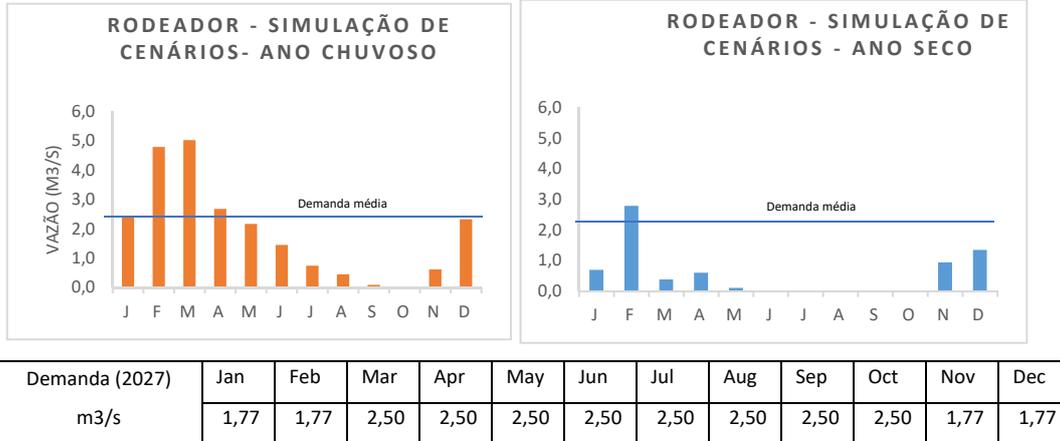


Figura 54– Avaliação da disponibilidade e demanda para um cenário de 2027

Para o cenário projetado do ano de 2027, pode ser observado:

- Para anos chuvosos, a disponibilidade de água é insatisfatória para os meses de julho a novembro.
- Para anos secos, com longo período de estiagem, apenas o mês de fevereiro, onde conforme balanço hídrico, observamos maior disponibilidade, a quantidade de água supre a demanda.
- Observa-se também que nos meses de maior estiagem a vazão aproxima-se do zero, conforme modelo matemático. Inferindo-se a necessidade de uma gestão mais restritiva do uso da água.

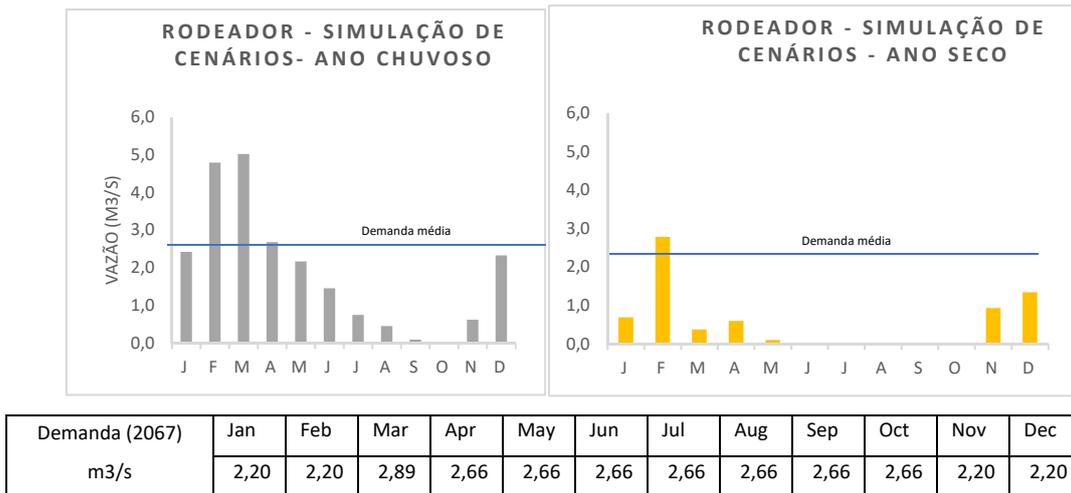


Figura 55– Avaliação da disponibilidade e demanda para um cenário de 2067

Para o cenário projetado do ano de 2067, pode ser observado:

- Para anos chuvosos, a disponibilidade de água é insatisfatória para os meses de abril a dezembro.

**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

- Para anos secos, com longo período de estiagem, apenas o mês de fevereiro, onde conforme balanço hídrico, observamos maior disponibilidade, a quantidade de água supre a demanda.
- Observa-se também que nos meses de maior estiagem a vazão aproxima-se do zero, conforme modelo matemático. Inferindo-se a necessidade de uma gestão mais restritiva do uso da água.

**13.5 - BALANÇO HÍDRICO DA BACIA DO CÓRREGO CAPÃO COMPRIDO**

O Córrego Capão Comprido está inserido dentro da área de proteção do Parque nacional de Brasília. O Distrito Rural de Alexandre Gusmão encontra-se localizado na sub bacia. Esta faz divisa com o Setor O de Ceilândia. Possui uma região de característica rural, com propriedades produtoras de hortifrutigranjeiro.

A sub bacia do Córrego Capão Comprido, possui um volume médio outorgado de água com captação superficial de 0,12 hm<sup>3</sup>, o que equivale a uma vazão de 0,07 m<sup>3</sup>/s, sendo 97% deste com a finalidade de irrigação, 3% dessedentação animal e 1% abastecimento individual.

Ainda na sub bacia do Córrego Capão Comprido a vazão média subterrânea outorgada é de 0,079 m<sup>3</sup>/s, tendo seu uso principal o abastecimento humano.

Tabela 30– Demanda calculada segundo uso e ocupação do solo para o Córrego Capão Comprido.

Demandas (2017)	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Olericultura	0,118401	0,118401	0,169145	0,169145	0,169145	0,169145	0,169145	0,169145	0,169145	0,169145	0,118401	0,118401
Fruticultura	0,035103	0,035103	0,050148	0,050148	0,050148	0,050148	0,050148	0,050148	0,050148	0,050148	0,035103	0,035103
Abastecimento	0,012036	0,012036	0,012036	0,012036	0,012036	0,012036	0,012036	0,012036	0,012036	0,012036	0,012036	0,012036
Total	0,165541	0,165541	0,231328	0,231328	0,231328	0,231328	0,231328	0,231328	0,231328	0,231328	0,165541	0,165541

A Tabela 30 demonstra que o maior uso da água para a sub bacia do Córrego Capão Comprido é irrigação.

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 56.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

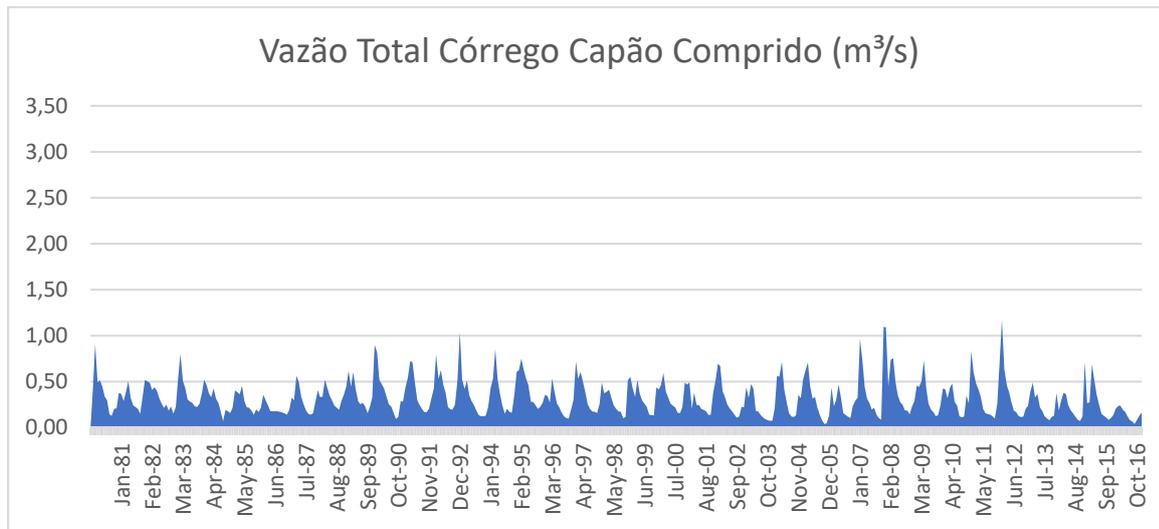


Figura 56– Vazões médias mensais na sub-bacia do córrego Capão Comprido

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

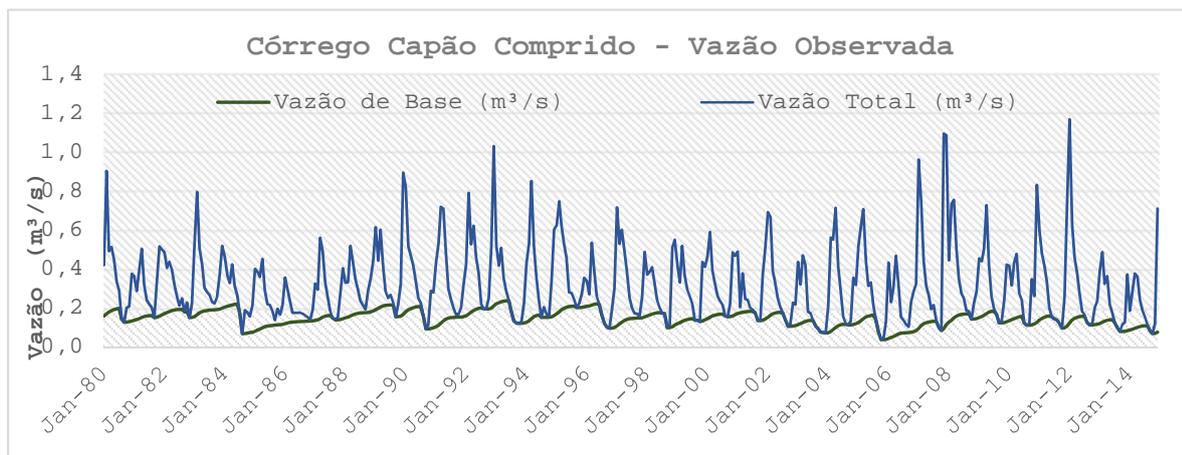


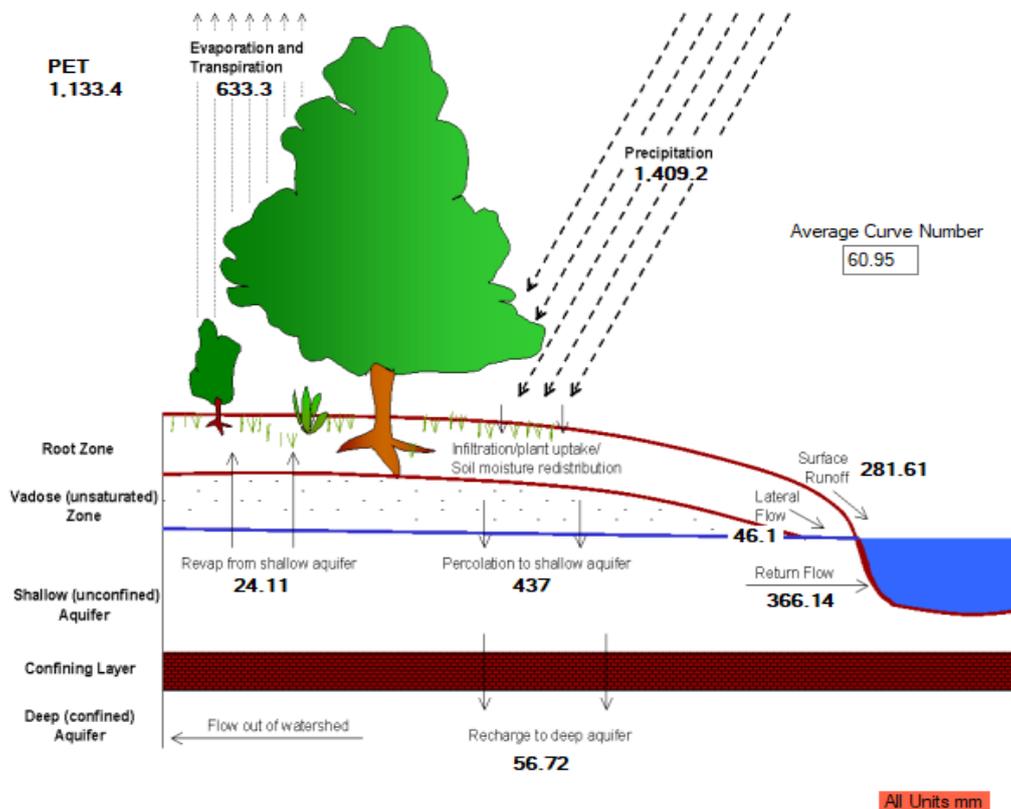
Figura 57– Volume médio mensal na sub-bacia do córrego Capão Comprido com separação da vazão de base.

Os volumes médios mensais apresentados na Figura 57, apontam para um decaimento 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.

Na sub-bacia do Córrego Capão Comprido o modelo SWAT, não apresentou resultados satisfatório, graficamente e estatisticamente, utilizando os dados de outorga (NSE = 0,32). 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.

## PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Mesmo com coeficiente de erro não satisfatórios, o resultado do balanço hídrico, avaliação de cenários, estudos de disponibilidade e demanda apresentam um indicio de como melhorar o processo de gerenciamento da bacia hidrográfica.



Relações do Balanço Hídrico					
Q/P	Eb/Q	Es/Q	Perc/P	Rp/P	E/P
0,49	0,59	0,41	0,31	0,04	0,45
Q - Vazão, P – Precipitação, Eb - Escoamento de base, Es - Escoamento Superficial, Perc – Percolação, Rp - Recarga do Aquífero Profundo, E - Evapotranspiração					

Figura 58– Balanço Hídrico da Bacia do Capão Comprido – SWAT

Infer-se a partir do balanço hídrico da sub bacia do Capão Comprido:

- A precipitação média anual é de 1.409 mm, sendo considerado ano seco os que atingem volumes menores a média anual, e anos chuvosos, os anos que atingem volumes maiores ao médio precipitado anualmente.
- A vazão total é decorrente do somatório da vazão de base e escoamento superficial, as duas são de grande importância para bacia.
- O volume percolado é de 30% do precipitado, e apenas 4% contribui para recuperação dos aquíferos profundos.
- Os valores de evapotranspiração são similares ao da vazão para a sub bacia do Capão Comprido.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

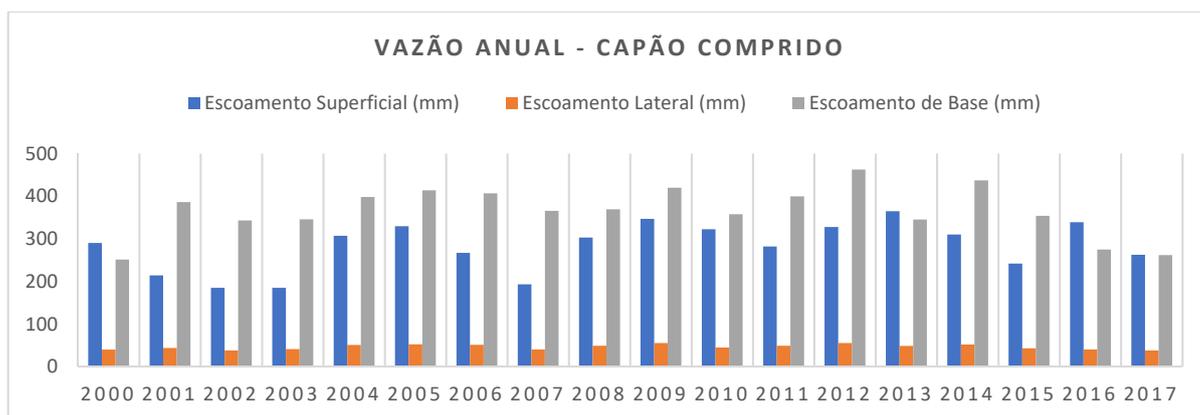


Figura 59– Avaliação da composição da vazão anual da bacia do Capão Comprido

A figura 59 demonstra que o escoamento superficial é tão significativo quanto ao escoamento de base para a sub bacia do capão comprido. Este fato pode ser principalmente observado nos anos de 2016 e 2017, onde o Distrito Federal enfrentou anos com chuva abaixo da média anual. Demonstrando, que para a Bacia do Capão Comprido, a gestão eficiente das águas superficiais e subterrâneas, bem como a regulamentação do uso e ocupação do solo são importantes, para a manutenção do equilíbrio hídrico da bacia hidrográfica.

Tabela 31– Resumo do balanço hídrico da bacia do Capão Comprido

Ano	Precipitação (mm)	Escoamento Superficial (mm)	Escoamento Lateral (mm)	Escoamento de Base (mm)	Vazão (mm)	Percolação (mm)	Evapotranspiração (mm)
2000	1529,10	290,27	39,82	251,29	581,38	496,10	641,20
2001	1336,80	213,94	43,72	386,00	643,66	422,04	640,92
2002	1100,60	184,83	38,04	342,75	565,62	275,40	628,46
2003	1137,10	184,70	40,77	345,46	570,93	385,56	603,85
2004	1592,70	306,87	50,72	398,04	755,63	537,07	605,28
2005	1569,50	329,58	52,07	413,75	795,40	555,22	640,06
2006	1469,80	266,71	50,91	406,59	724,21	487,03	686,01
2007	1148,50	192,95	40,04	365,53	598,52	332,52	593,62
2008	1532,80	302,81	48,84	369,29	720,94	499,59	652,01
2009	1676,90	346,80	55,11	419,76	821,67	567,71	707,55
2010	1440,70	322,35	44,77	357,39	724,51	450,66	599,77
2011	1330,80	281,95	48,98	399,68	730,61	439,10	597,76
2012	1513,10	327,41	55,17	462,56	845,14	496,17	639,37
2013	1605,30	364,84	48,26	345,31	758,41	530,79	639,85
2014	1428,30	310,13	51,66	437,10	798,89	453,47	648,80
2015	1250,90	241,94	42,82	353,86	638,62	330,74	651,77
2016	1381,00	338,65	40,16	274,63	653,44	375,23	626,61
2017	1321,00	262,36	37,84	261,52	561,72	382,26	596,22

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

A figura 60 demonstra o déficit e excesso, resultante do balanço hídrico da bacia do capão comprido. Neste pode ser observado que os meses de abril a setembro são de déficit, e os meses de outubro a março de excesso. Deve ser observado também que o pico de excesso é em novembro.

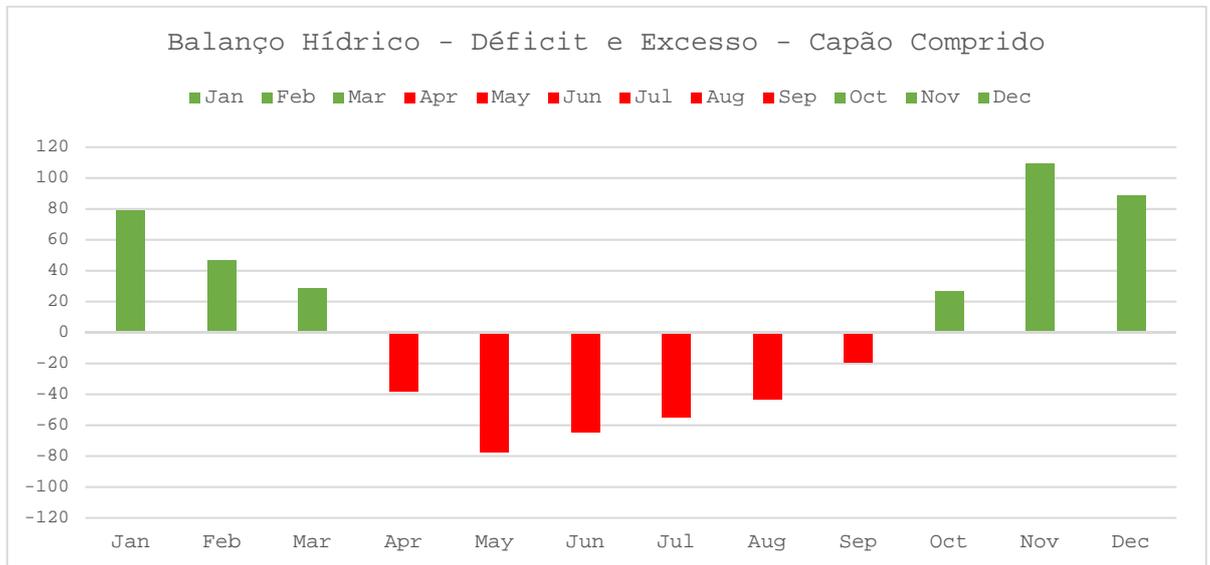


Figura 60– Avaliação do déficit e excesso resultante do balanço hídrico para o Córrego Capão Comprido.

A figura 61 demonstra a disponibilidade de demanda estimada para o ano de 2017. Pode-se entender que nos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro, a demanda não é atendida na bacia. Nestes meses deve-se avaliar medidas restritivas para conservação e de uso da água.

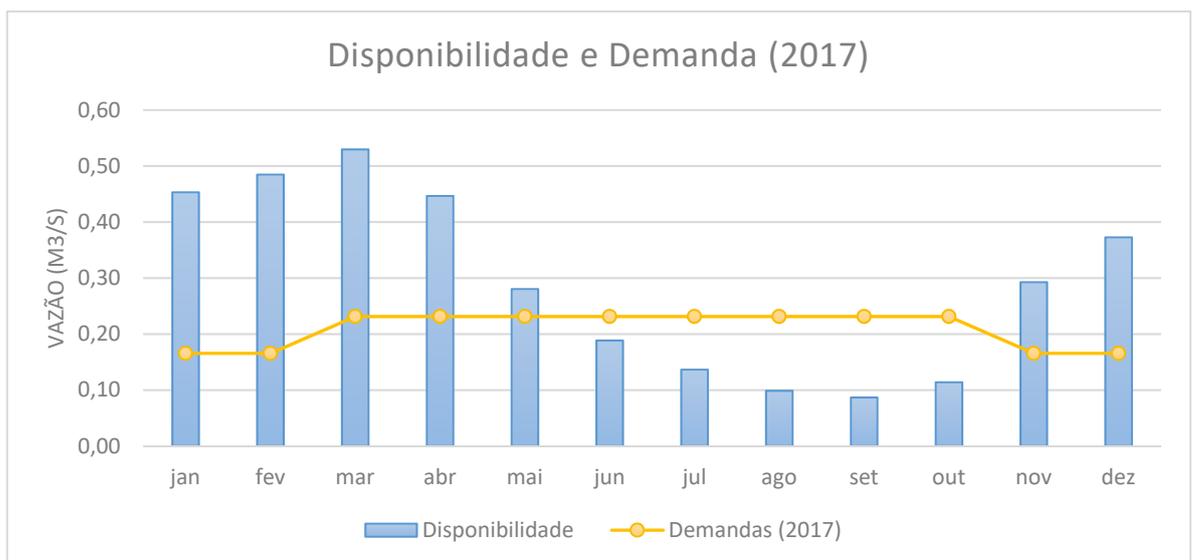


Figura 61– Avaliação de Disponibilidade e Demanda de água para o ano de 2017

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Ainda, se compararmos os dados de déficit e excesso, com os dados de disponibilidade hídrica, podemos inferir que a partir do início das chuvas, o manancial começa a se recuperar. E a curva de déficit ocorre antes, do que o pico de menor disponibilidade no sistema.

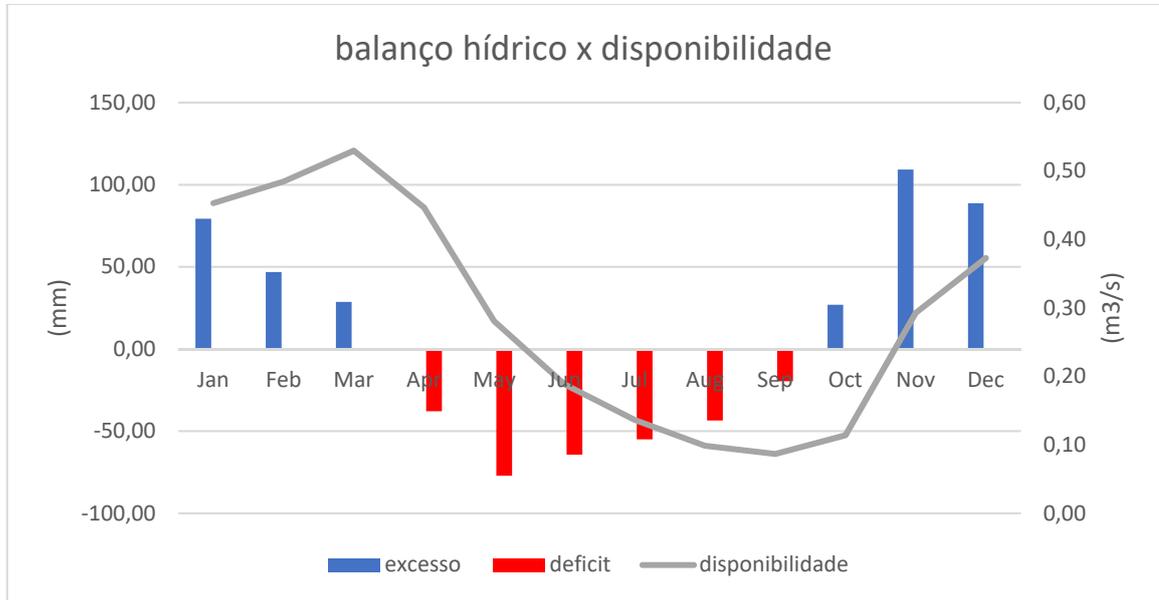
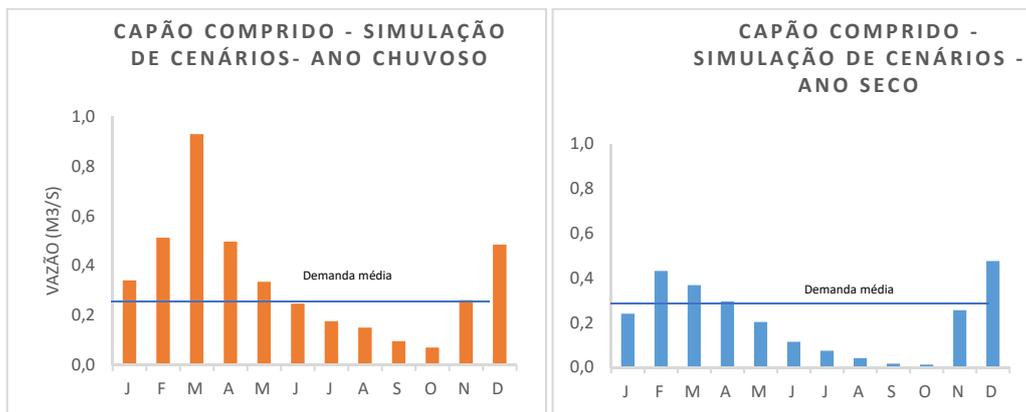


Figura 62– Avaliação do Balanço Hídrico e Disponibilidade de água para a bacia do Capão Comprido (demanda de 2017)

A figura 62, apresenta a correlação entre a curva de disponibilidade hídrica e o balanço hídrico para bacia do Capão Comprido. Este gráfico permite uma avaliação visão do cenário atual.

Ainda, para a bacia do Capão Comprido, foram avaliados cenários especulativos, considerando uma projeção de crescimento de uso da água para o ano de 2027 e o ano de 2067, considerando um ano chuvoso e um ano de seca.

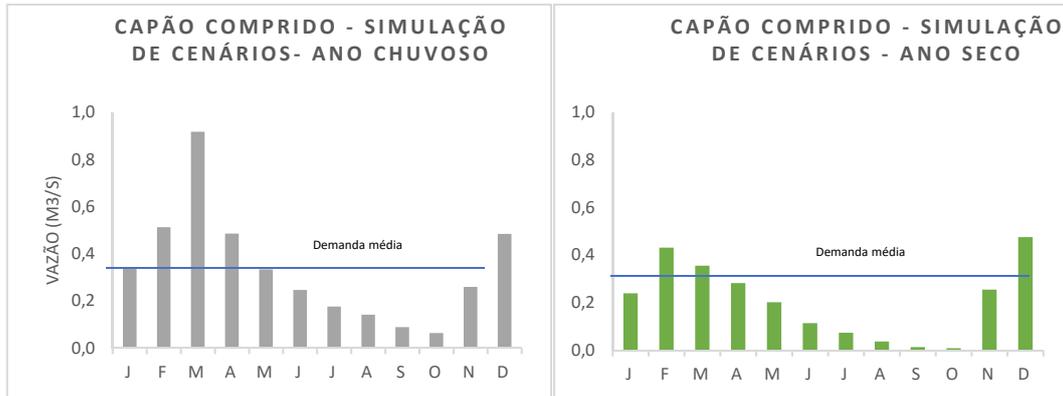


Demandas (2027)	VAZÃO (m3/s)											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
TOTAL	0,187	0,18743	0,2611	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261	0,185	0,185

## PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Figura 63– Avaliação de cenário projetado de disponibilidade e demanda para o ano de 2027 (demanda média/ anual 0,23 m<sup>3</sup>/s).

Para um cenário de 2027, pode ser observado que nos meses de julho a outubro, a vazão simulada disponível, não atende à demanda calculada, em um ano chuvoso. Em um ano seco apenas os meses de dezembro a abril, suprem a demanda projetada. Observa-se que medidas restritivas de uso de água e conservação do solo, devem ser tomadas em anos secos.



Demandas (2067)	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
TOTAL	0,257	0,23298	0,3419	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,233	0,233

Figura 64– Avaliação de cenário projetado de disponibilidade e demanda para o ano de 2067 (demanda média/ anual 0, 3 m<sup>3</sup>/s).

Para uma projeção de 50 anos, no período de ano seco o córrego capão comprido ainda possui aporte necessário para suprir a demanda nos meses chuvosos.

### 13.6 - BALANÇO HÍDRICO DA BACIA DO CÓRREGO RIBEIRÃO DAS PEDRAS

A sub bacia do ribeirão das Pedras encontra-se inserido dentro da área com maior densidade demográfica da Bacia do Descoberto. Nesta localizam-se Ceilândia, Taguatinga e Samambaia. Esta região possui grande demanda de água para abastecimento, e sobre com problemas relacionados a proteção das margens do manancial, poluição e processos erosivos.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

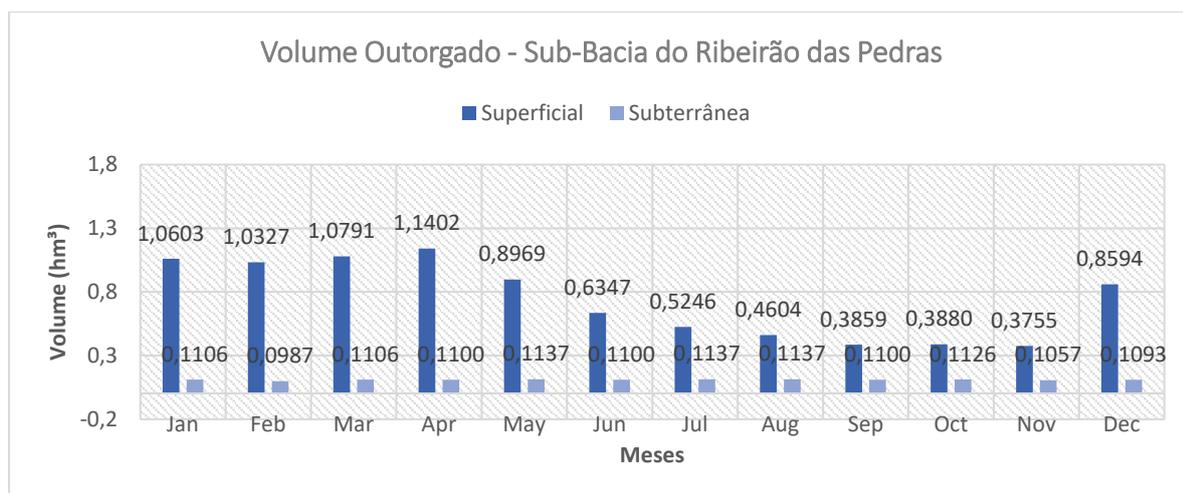


Figura 65 - Volume mensal outorgado para a sub-bacia do ribeirão das Pedras.

Como pode ser observado na figura 65, a vazão outorgada para captação superficial na bacia do Ribeirão das Pedras é superior que a vazão captada de água subterrânea. Deve ser ressaltado que a sub bacia do ribeirão das pedras corta a áreas mais populosas do DF, o que acarreta de em grande dano a qualidade quantidade de água do manancial. Quanto ao seu uso preponderante é a irrigação de hortaliças e cultivo de abobora, perfazendo 44% de toda vazão outorgada, 17 % para dessedentação animal, 19% para piscicultura e 19% para abastecimento humano. A tabela 32 exhibe, a demanda estimada/ por uso, baseada em dados de uso e ocupação do solo.

Tabela 32– Demanda estimada para o ano de 2017 baseado no uso e ocupação do solo para bacia do Ribeirão das Pedras

Demanda (m3/s)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Olericultura	0,15	0,15	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,15	0,15
Fruticultura	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Abastecimento	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Total	0,20	0,20	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,20	0,20

Ainda, a sub-bacia do ribeirão das Pedras, apresenta uma área de drenagem de 80,85 km<sup>2</sup>. 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 66. O volume total médio determinado é de 6,37 hm<sup>3</sup>.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

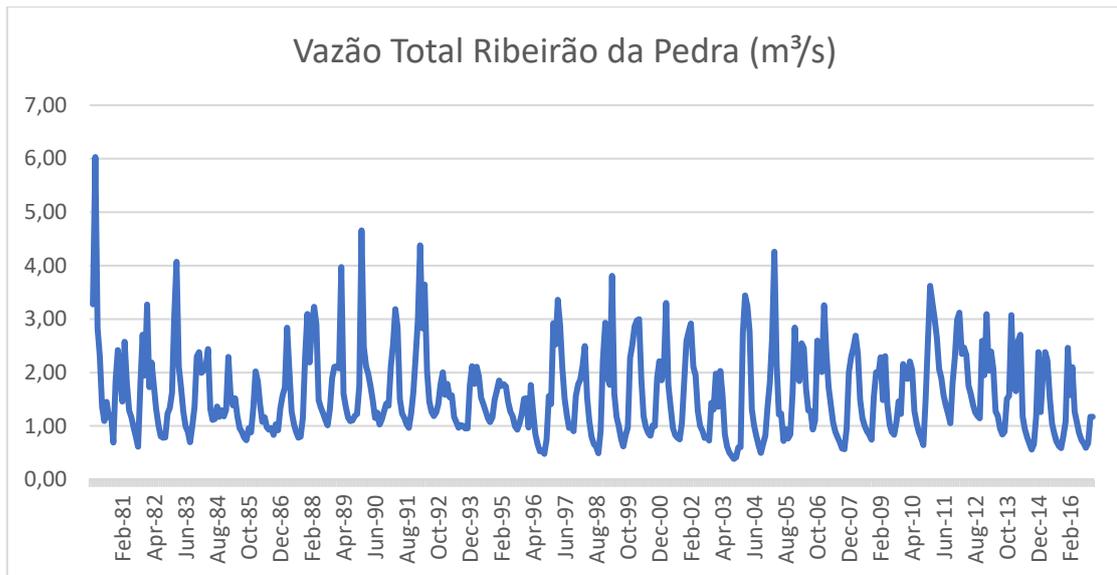


Figura 66 – Vazões médias mensais na sub-bacia no ribeirão das Pedras

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

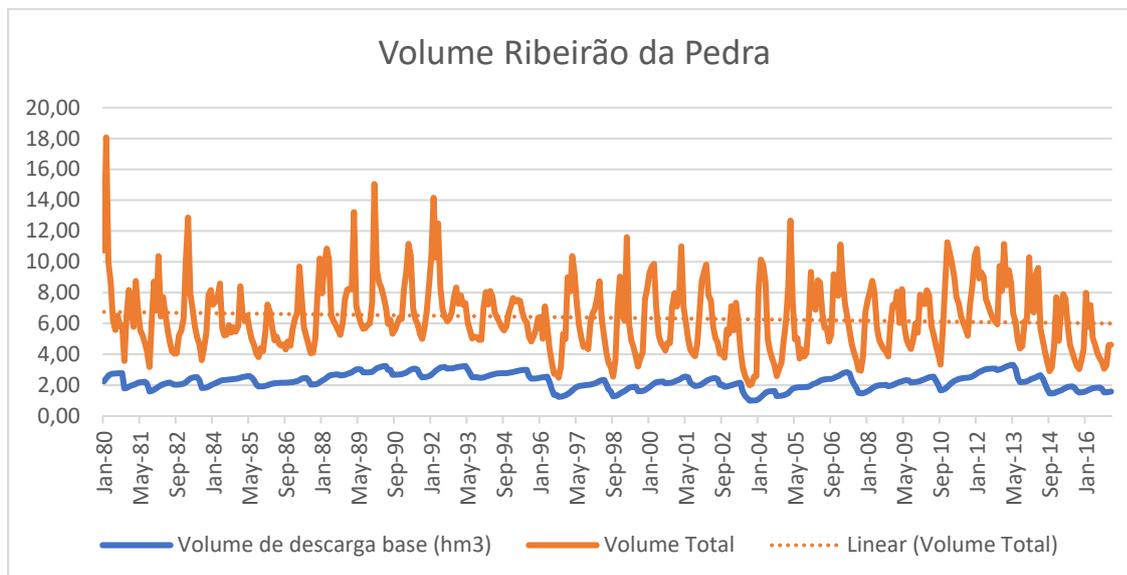


Figura 67 – Volume médio mensal na sub-bacia no ribeirão das Pedras

Para determinação do balanço hídrico e estudo de demanda x disponibilidade, foi realizada a modelagem matemática com utilização do SWAT. Na Figura 68 são apresentados os hidrogramas observado e simulado na sub-bacia do Ribeirão das Pedras seguido dos valores dos coeficientes de eficiência.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

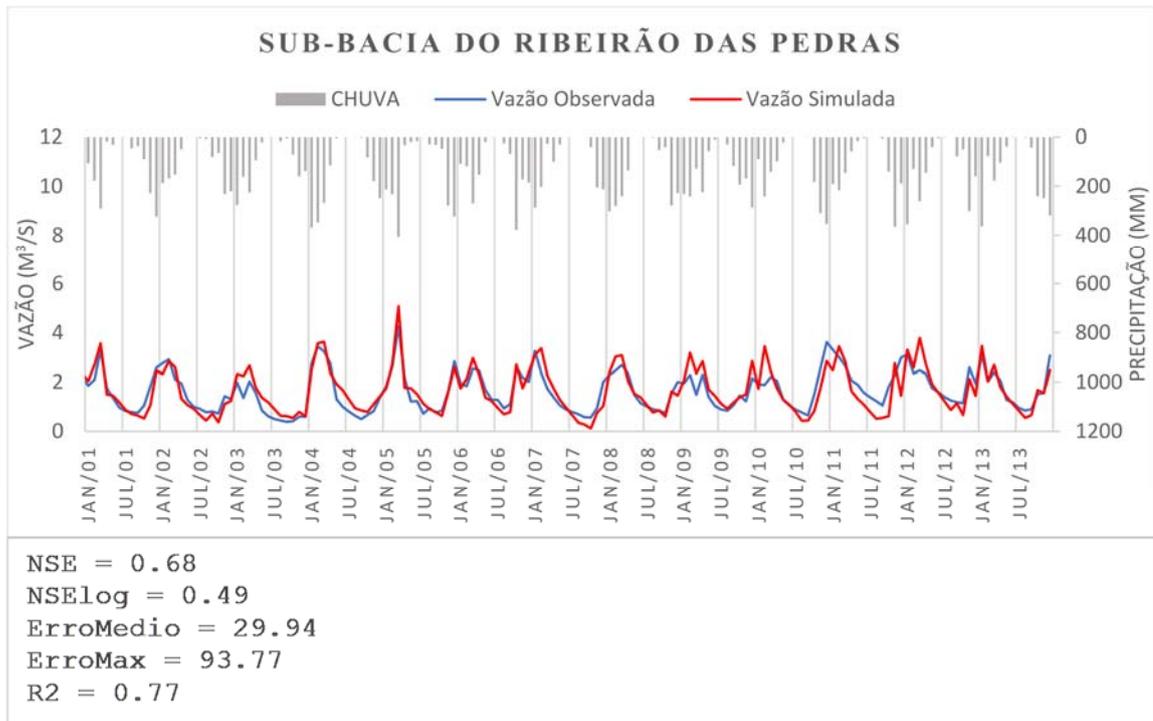
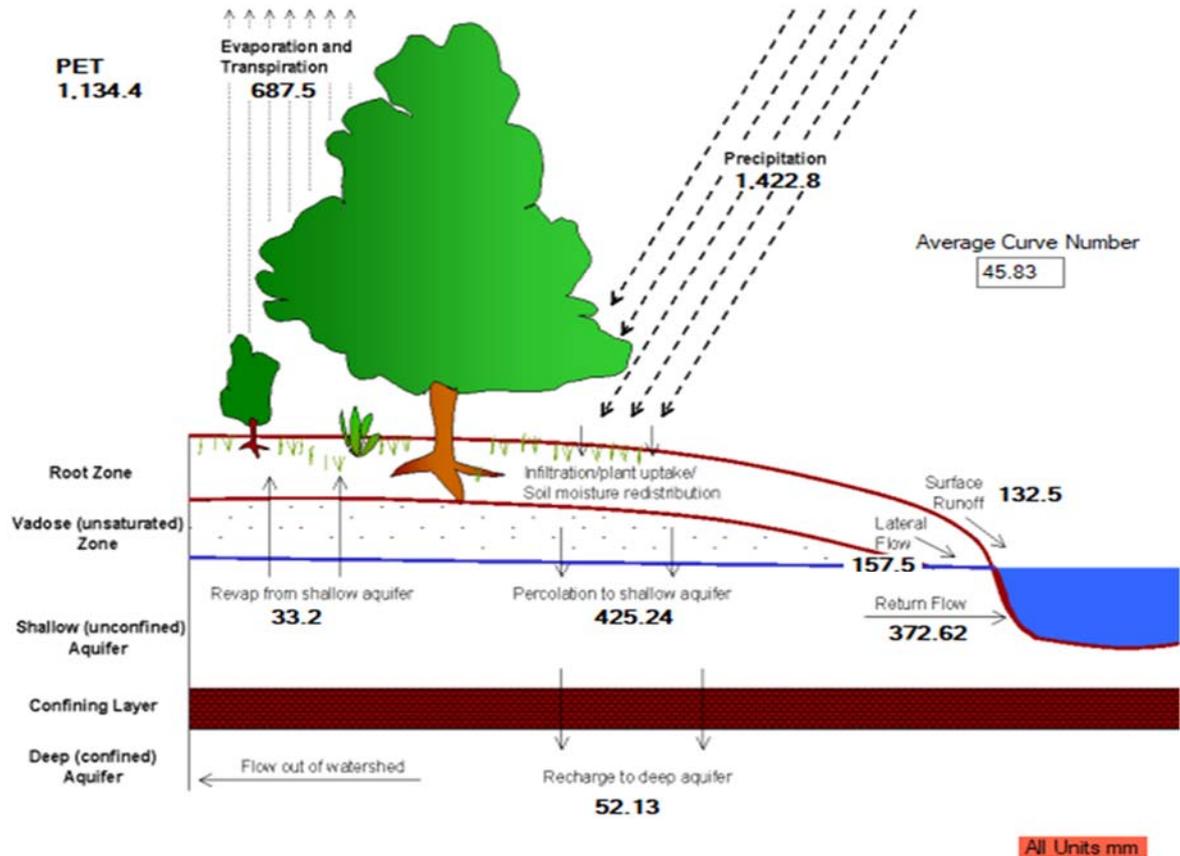


Figura 68- Vazão observada versus vazão simulada na sub-bacia do Ribeirão das Pedras e coeficientes de eficiência. Simulação inicial com uso de água igual as outorgas, sem calibração.

O NSE determinado após calibração do SWAT, para a bacia do Ribeirão das Pedras foi de 0,68. Este de acordo com Moriasi et al. (2007), é satisfatório. O erro relativo diminuiu de 42,7% para 29,94%, 12,76%. Relativamente esse valor chega a aproximadamente 30% de melhora na simulação.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
 PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO



Relações do Balanço Hídrico					
Q/P	Eb/Q	Es/Q	Perc/P	Rp/P	E/P
0,47	0,8	0,2	0,3	0,04	0,48
Q - Vazão, P - Precipitação, Eb - Escoamento de base, Es - Escoamento Superficial, Perc - Percolação, Rp - Recarga do Aquífero Profundo, E - Evapotranspiração					

Figura 69– Resumo ilustrativo do balanço hídrico do Ribeirão das Pedras

O resultado do balanço hídrico do Ribeirão das Pedras, exhibe os seguintes resultados:

- O escoamento de base constitui em 80% da vazão do manancial, e apenas 20% desta, é constituída pelo escoamento superficial.
- A taxa de evapotranspiração da bacia é de 48% do volume precipitado, enquanto 47% irão infiltrar ou escoar superficialmente.
- 3% do volume precipitado é percolado, e 4% infiltram recarregando o aquífero profundo.
- A precipitação média anual da bacia é de 1422 mm. Valores abaixo da média serão considerados para anos secos, ou seja, de baixa precipitação; e valores acima da média, serão considerados anos chuvosos.

## PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

Tabela 33– Resumo dos volumes médios anuais resultantes do balanço hídrico

Ano	Precipitação (mm)	Escoamento Superficial (mm)	Escoamento Lateral (mm)	Escoamento de Base (mm)	Vazão (mm)	Percolação (mm)	Evapotranspiração (mm)
2000	1573,10	146,08	188,14	437,84	772,06	561,89	666,00
2001	1348,20	108,91	139,42	418,59	666,92	402,80	673,72
2002	1169,80	100,29	118,30	365,24	583,83	290,80	688,88
2003	1169,40	88,82	130,88	349,73	569,43	354,24	666,54
2004	1614,10	142,08	189,65	411,77	743,50	562,14	649,27
2005	1630,60	173,89	194,29	414,33	782,51	587,60	666,56
2006	1496,50	144,24	173,62	420,16	738,02	490,45	717,19
2007	1104,30	90,76	113,01	399,78	603,55	288,16	650,01
2008	1559,20	146,35	172,56	389,63	708,54	500,01	693,89
2009	1686,20	156,33	193,60	410,41	760,34	574,16	758,36
2010	1439,50	143,17	150,60	388,04	681,81	428,63	683,61
2011	1330,10	128,05	160,61	409,16	697,82	426,34	663,71
2012	1524,40	149,74	176,76	458,92	785,42	508,86	694,14
2013	1613,20	156,90	183,90	403,73	744,53	560,67	690,86
2014	1397,10	134,62	161,33	450,66	746,61	436,52	701,69
2015	1252,30	107,73	127,28	386,00	621,01	319,27	727,44
2016	1381,10	149,99	146,56	339,38	635,93	372,04	718,04
2017	1321,00	111,02	131,89	272,50	515,41	371,37	643,41

A tabela 33 demonstra a importância do escoamento de base para a bacia do Ribeirão das Pedras, e a elevada evapotranspiração. Em bacias onde a vazão de base é a principal forma de recarga do sistema hídrico, o gerenciamento das águas subterrâneas deverá ser mais restritivo.

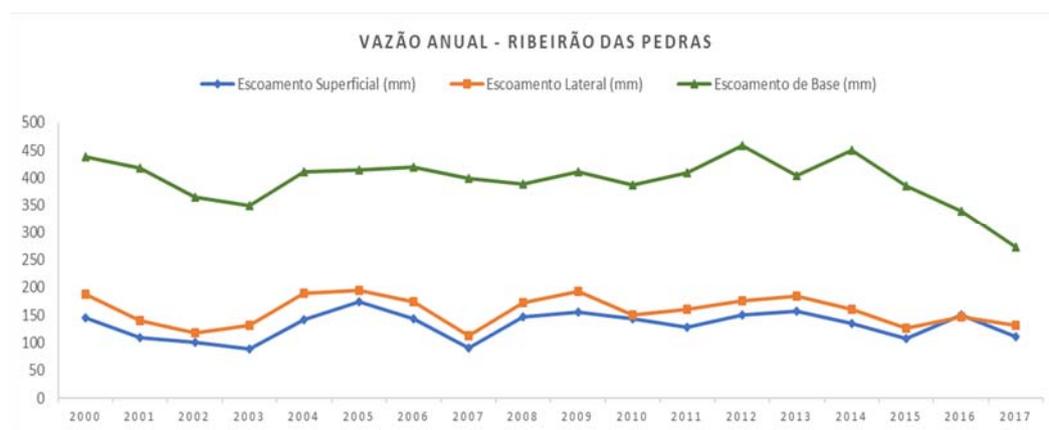


Figura 70– Vazão anual do Ribeirão das Pedras – resultado do Balanço Hídrico

A figura 70, exibe a diferença entre a contribuição do escoamento de base, para o escoamento superficial e lateral, para formação da vazão disponível no sistema do Ribeirão das Pedras.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

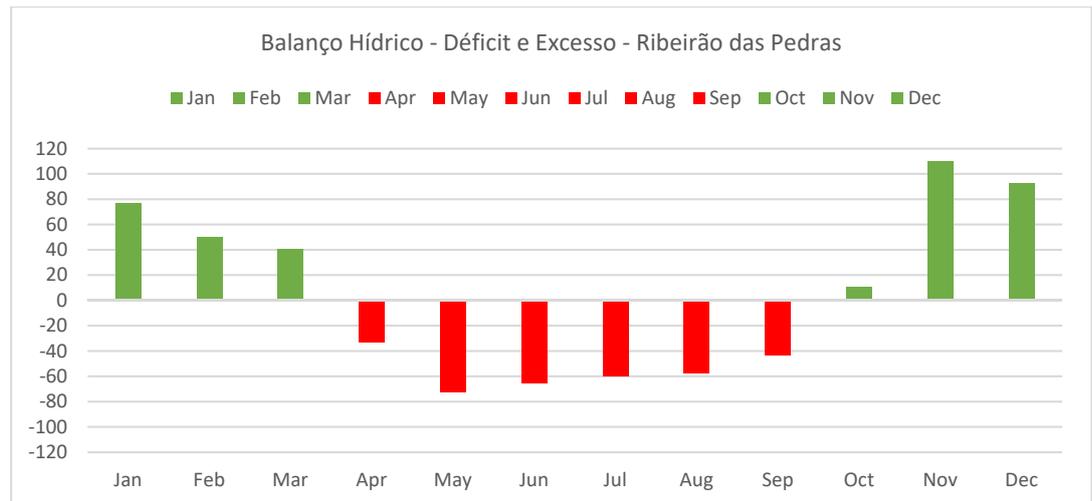


Figura 71– Balanço Hídrico – Ribeirão das Pedras – Relação de déficit e excesso.

A figura 71, demonstra que nos meses de outubro a março, a bacia do Ribeirão das Pedras está sendo “recarregada”, ou seja, apresenta um excesso de água no sistema, sendo o mês de novembro o de maior recarga. Nos meses de abril a setembro, ela não recebe contribuição, ocorrendo um déficit no sistema.

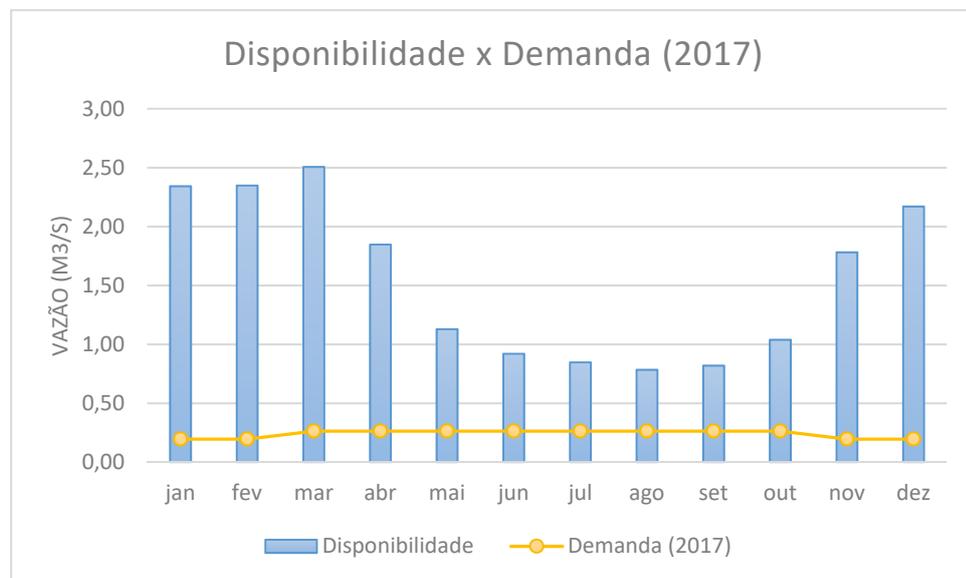


Figura 72– Avaliação da disponibilidade e demanda estimada a partir de dados de uso e ocupação do solo para o ano de 2017.

A figura 72, demonstra que a vazão disponível na Bacia do Ribeirão das Pedras, é suficiente para atender a demanda estimada. Deve-se, porém, observar que neste estudo foram consideradas demandas de áreas de baixa densidade urbana, e áreas irrigáveis, resultando em uma baixa demanda de água, considerando que a bacia do Ribeirão das Pedras, é constituído pelos maiores centros urbanos do Distrito Federal. Os valores de demanda para esta sub bacia, podem estar subestimados.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

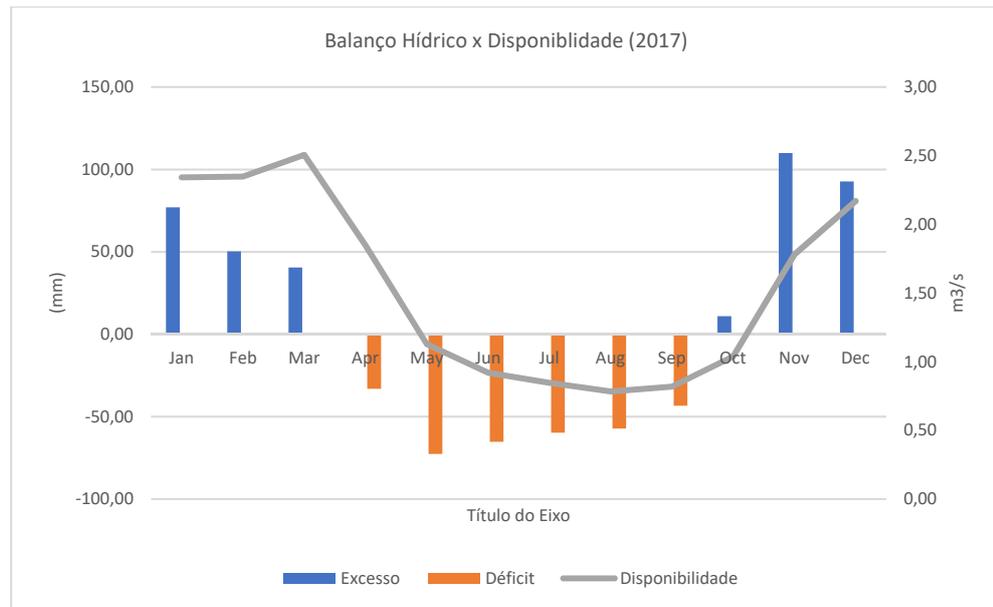
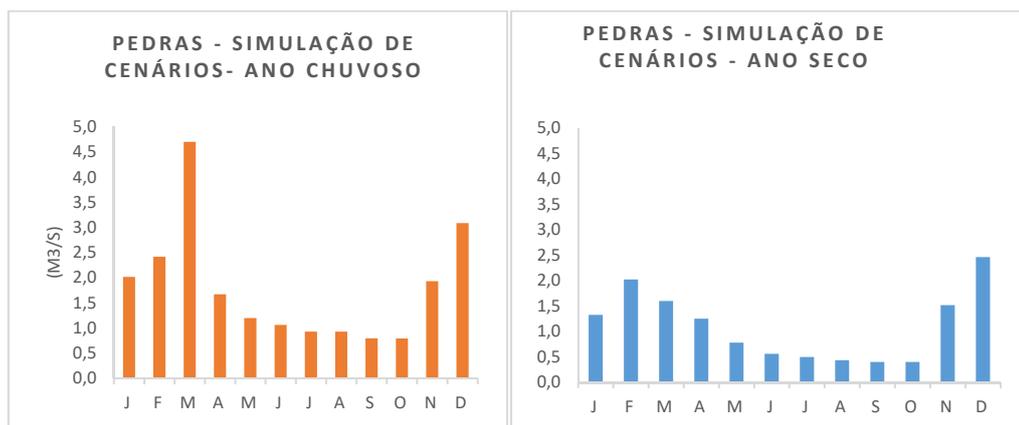


Figura 73- Avaliação da Disponibilidade estimada e o balanço hídrico.

Conforme apresentado na Figura 73, a bacia do Ribeirão das Pedras possui capacidade de resposta, coincidente ao período de recarga e estiagem do balanço hídrico.



	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
DEMANDA (2027)	0,23	0,23	0,3	0,3	0,303	0,303	0,3	0,3	0,3	0,3	0,23	0,23

Figura 74– Avaliação de Demanda e Disponibilidade para cenário projetado de 2027 (demanda média anual de 0,28 m³/s).

Como pode ser observado na Figura 74, tanto em anos chuvosos e anos considerados secos, a demanda projetada é suprida. Ressalta-se, que para projeção da demanda foi considerado um crescimento populacional para áreas de baixa densidade populacional para 10 anos e um crescimento de áreas irrigáveis de 12,8%. Como já apontando anteriormente, por se tratar de uma bacia com elevado uso e ocupação do solo, a demanda pode estar subestimada. Porém, para fins de tendência e entendimento do comportamento da bacia hidrográfica, considera-se a análise válida.

PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

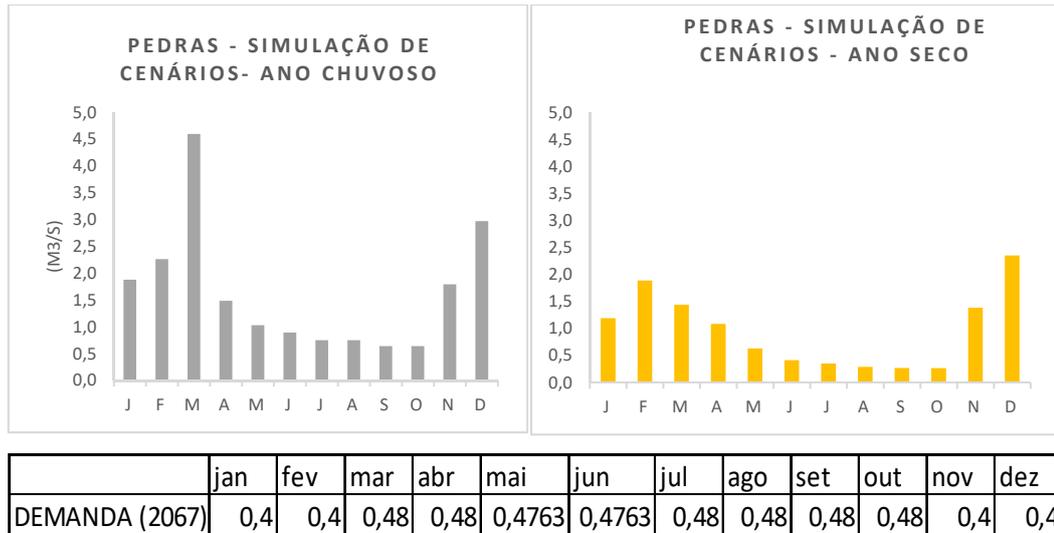


Figura 75- Avaliação de Demanda e Disponibilidade para cenário projetado de 2067 (demanda média anual de 0,45 m3/s).

A figura 75, demonstra que existe disponibilidade de água para atendimento demanda projetada para o ano de 2067 na bacia do Ribeirão das Pedras. No entanto, sugere-se que esta demanda esteja subestimada, por considerar apenas áreas de baixa densidade demográfica e de irrigação para um período de 50 anos. Novos cenários, e estudos de demanda deverão ser realizados. Porém, para fins de tendência e entendimento do comportamento da bacia hidrográfica, considera-se a análise válida.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO

**14 - ESTUDOS DE DISPONIBILIDADE E DEMANDA PARA BACIAS NÃO MONITORADAS**

Devido a simulação efetiva da sub-bacia do Ribeirão das Pedras, e proximidade geográfica 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 34 são apresentados os valores adotados para a calibração da vazão nas sub-bacias não monitoradas.

Tabela 34 – Valores adotados para a calibração da vazão das sub-bacias não monitoradas.

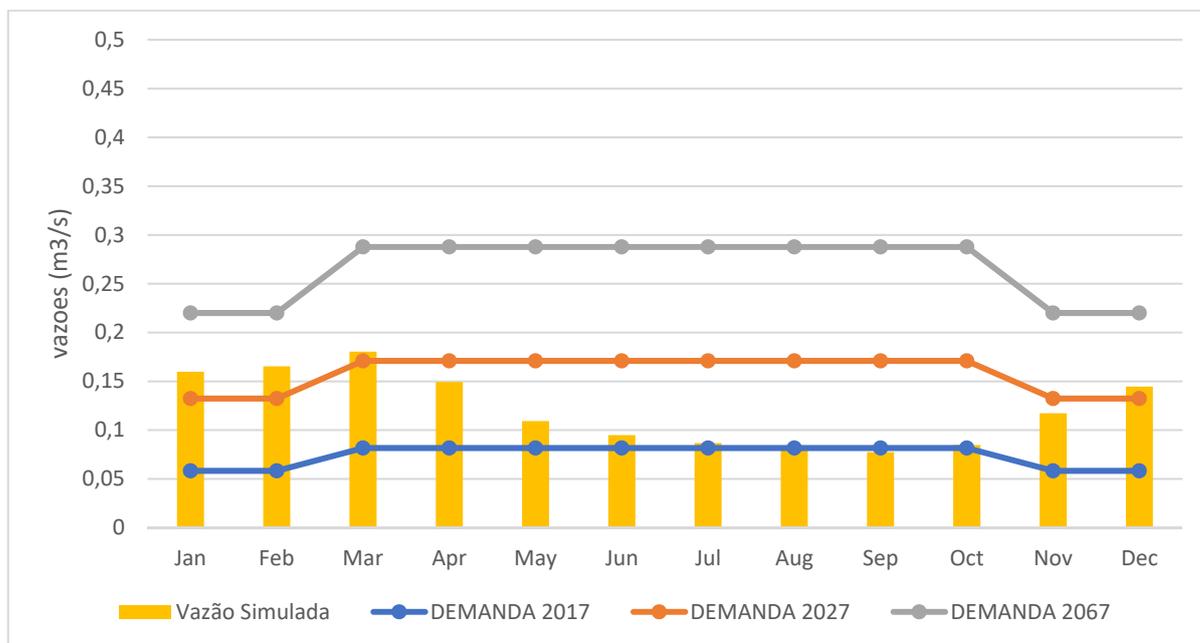
Parâmetro	Valor de Calibração
1:R__CN2.mgt	-0.3256
2:V__ALPHA_BF.gw	0.863
3:V__GW_DELAY.gw	320.850006
4:V__GWQMN.gw	125
5:V__ESCO.bsn	0.235
6:V__GW_REVAP.gw	0.06014
7:V__SOL_AWC(..).sol	0.305
8:V__SOL_K(..).sol	92.700005
9:V__SOL_BD(..).sol	1.8712
10:V__SHALLST.gw	973
11:V__GWHT.gw	4.425
12:V__DEEPST.gw	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

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**14.1 - ESTUDO BACIA DO BURITI-CHATO DF**

O Córrego Buriti Chato está situado na porção sul do lago da represa do descoberto, e a sua área possui principal vocação de produção de horticulturas. Observa-se que o volume outorgado subterrâneo é superior ao volume outorgado superficial, sendo o volume outorgado superficial praticamente utilizado para irrigação, onde o subterrâneo utilizado para abastecimento humano e dessedentação animal.



	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
DEMANDA 2017	0,0583	0,0583	0,0817	0,0817	0,0817	0,0817	0,0817	0,0817	0,0817	0,0817	0,0583	0,0583
DEMANDA 2027	0,0741	0,0741	0,0893	0,0893	0,0893	0,0893	0,0893	0,0893	0,0893	0,0893	0,0741	0,0741
DEMANDA 2067	0,0876	0,0876	0,1167	0,1167	0,1167	0,1167	0,1167	0,1167	0,1167	0,1167	0,0876	0,0876
Vazão Simulada	0,1599	0,1654	0,1804	0,1493	0,1092	0,0949	0,0867	0,0801	0,0773	0,0847	0,1173	0,1446

Figura 76– Avaliação da Disponibilidade Hídrica e Demandas projetadas

A figura 76 demonstra que a vazão simulada para Bacia do Buriti Chato – DF, atende totalmente para demanda projetada de 2017. No entanto, quando consideramos um crescimento populacional para 10 e 12,5% de área irrigável, nos meses de estiagem, a vazão simulada apresenta um déficit para os meses de abril a novembro. Para a projeção de 50 anos, demonstra a região estaria saturada, não permitindo mais expansão e uso de água.

**14.2 - ESTUDO BACIA DO ROCINHA DF**

O uso da água captada é principalmente destinado, a irrigação de hortaliças, plantação de milho/sorgo e arvores frutíferas, para a Bacia do Córrego Rocinha DF. Segundo dados da ADASA, o volume de água outorgado de água subterrânea e superficial são similares no Córrego Rocinha.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

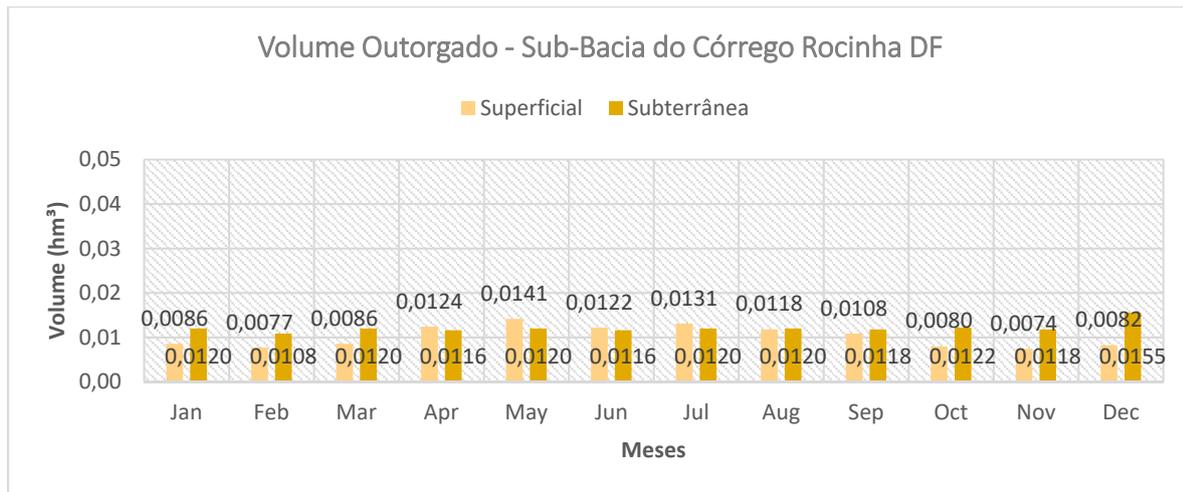


Figura 77- Volume mensal outorgado para a sub-bacia do córrego Rocinha DF.

Como esta é uma bacia não monitorada, o modelo SWAT, foi utilizado para determinação da vazão simulada, para que fosse possível estabelecer uma análise de demanda x disponibilidade para o mesmo.

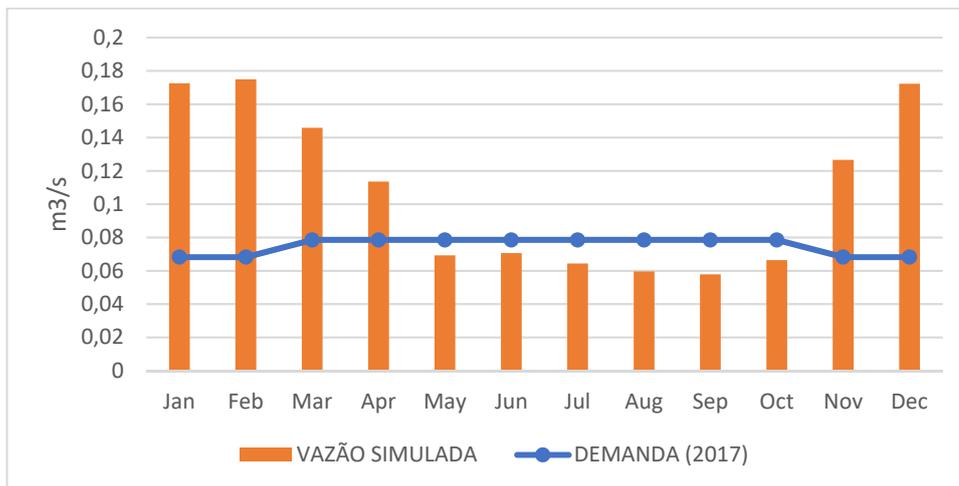


Figura 78– Avaliação de Disponibilidade e Demanda para o Córrego Rocinha DF

Como pode ser observado na Figura 78, a vazão simulada média anual, não atende à demanda estimada para o ano de 2017, nos meses de maio a outubro, estes caracterizados pelo período de estiagem. O mesmo ocorre para a projeção de 2027 e para a projeção de 2067, o manancial apresenta déficit total, não sendo capaz de aportar a demanda projetada. Estes valores simulados e projetados, servem apenas para balizar tomadas de decisão no gerenciamento da bacia do Rocinha DF.

### 14.3 - ESTUDO BACIA DO CÓRREGO DO MEIO

As outorgas concedidas no Córrego do Meio são em sua maioria subterrâneas utilizadas prioritariamente para abastecimento humano. Já a captação superficial é em sua maioria para irrigação de cultivos de hortaliças.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

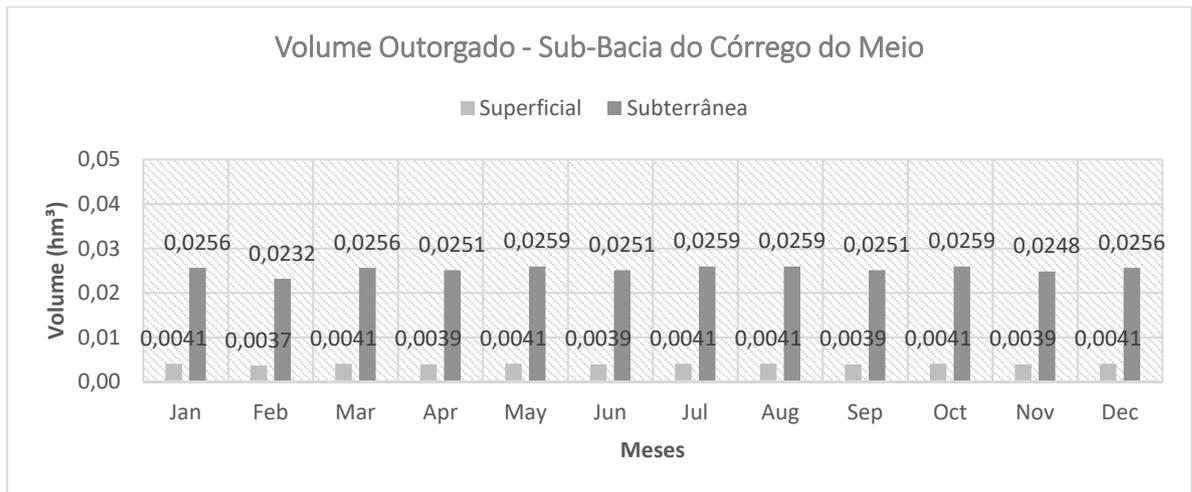


Figura 79- Volume mensal outorgado para a sub-bacia do córrego do Meio DF.

A vazão simulada pelo SWAT para o córrego do Meio DF, aponta uma diminuição da disponibilidade da vazão a partir do ano de 2016. Estes caracterizado pelo período longo de estiagem, mesmo ocorre no ano de 2004 e 2005, onde a precipitação foi baixa na região. A precipitação média estimada para a bacia é de 118 mm/ano.

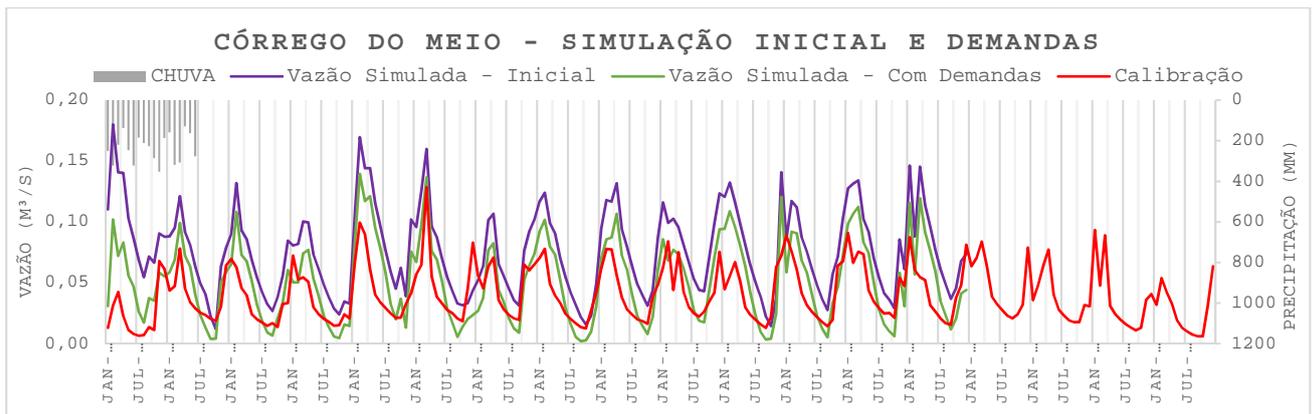
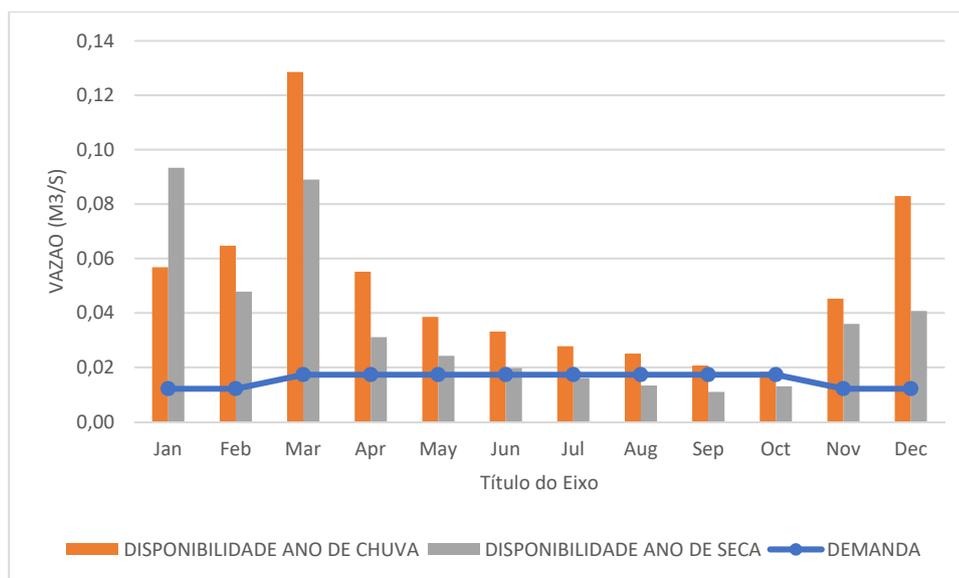


Figura 80 - Vazão simulada pelo SWAT para o Córrego do Meio DF

O estudo de demanda realizado, comparado com os valores de vazões simuladas, para um ano chuvoso e um ano de seca, indicam que a bacia possui capacidade de para atender os usos da água para abastecimento e irrigação.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**



Vazão (m3/s)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
DEMANDA	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
DISPONIBILIDADE ANO DE CHUVA	0,06	0,06	0,13	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,05	0,08
DISPONIBILIDADE ANO DE SECA	0,09	0,05	0,09	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,04

Figura 81– Estudo de disponibilidade e demanda para bacia do Córrego do Meio

Os valores das vazões simuladas pelo SWAT, para bacias monitoradas, devem ser utilizadas como tendências, auxiliando no processo de gerenciamento da bacia hidrográfica.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
PRODUTO 6 – **MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

**15 - RECOMENDAÇÕES**

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.

De acordo com as informações levantadas no estudo de demanda constatou-se que a bacia do descoberto é o principal abastecedor do DF, e que existe um grande conflito de uso, uma vez que as maiores vazões outorgadas nas sub bacias do Descoberto são para irrigação. Não consideradas as outorgas do Reservatório do Descoberto, o qual sua maior porção é dedicada ao abastecimento.

Observou-se também, que na grande maioria das sub bacias, a vazão outorgada de águas subterrâneas é superior a vazão outorgada de águas superficiais. Este fato remete a dificuldade de recarga do solo e recuperação da bacia hidrográfica.

Ainda foi observado, que devido à crise hídrica, a CAESB juntamente com os órgãos de fiscalização, vem tomado medidas para manutenção e preservação do manancial.

ADASA/UNESCO\_ED05/17  
**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

O SWAT demonstrou ser uma ferramenta eficiente para indicar tendências e auxiliar no conhecimento do comportamento de algumas das bacias modeladas.

A bacia do Rodeador, Capão Comprido, Chapadinha, Descoberto e Olaria, apresentaram respostas satisfatórias em relação ao estudo de disponibilidade e demanda proposto no corrente estudo. No entanto, para bacia das Pedras, a demanda estabelecida, sugere estar subdimensionada, devendo a metodologia de estudo ser revista.

O balanço hídrico indicou que algumas sub bacias, a recuperação do manancial após o período de estiagem apresenta um retardo, este fato foi principalmente observado para sub bacias onde o escoamento de base apresenta o maior aporte em relação aos demais inputs do balanço hídrico. Para estas sub bacias, o estabelecimento de medidas mais restritivas, devem ser adotadas para gestão das água subterrânea.

Observou-se também que para anos simulados, considerados seco, a demanda é superior a disponibilidade da água da bacia hidrográfica.

Para as bacias não monitoradas, o SWAT permitiu estabelecer linhas de tendência, para que possa adotar ferramentas eficazes no gerenciamento dos recursos hídricos.

Em todas as sub-bacias estudadas a irrigação apresentou maior demanda, que a voltada para abastecimento.

**16 - REFERÊNCIAS**

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.

Abbaspour, K. C. (2012). SWAT-CUP 2012: SWAT Calibration and Uncertainty Programs - A user Manual.

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. (2012). *Soil & Water Assessment Tool (SWAT) - 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.

Chaves, A. A. A e colaboradores (2010) *Uso das terras da parte norte da Bacia do rio Descoberto*, Distrito Federal Brasil. *Bragantina, Campinas*, v.69, n.3, p711-718.

COSTA NETO, J. (200) *Políticas e programas de gestão ambiental: desafios da integração de competências e ações*. Brasília, 2000. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Universidade de Brasília, Brasília.

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal (2006) . *Síntese do plano de gerenciamento integrado de recursos hídricos do Distrito Federal e Entorno*. Brasília.

Costantini, 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.

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.

Mosley, M. ., and McKerchar, A. I. (1992). *Streamflow*. Chapter 8 in *Maidment* (1992).

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.

Silva, L. R. (2008) *A sustentabilidade dos recursos hídricos do Distrito Federal*. *Univ. Hum., Brasília*, v.5, n 1/2, p. 77 - 107, jan/dez.

Tucci, C. E. M. (1998). *Modelos Hidrológicos*. (A. UFRGS, ed.).

**PRODUTO 6 – MODELAGEM DA BACIA DO ALTO DESCOBERTO**

Viessman, J. W., and Lewis, G. L. (2002). Introduction to Hydrology. Pearson Education, Inc.

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.