



MANUAL DO USUÁRIO

VERSÃO 1.1.b

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	3
2. VISÃO GERAL.....	3
3. METODOLOGIA	4
3.1. FILTROS NUMÉRICOS	4
3.2. LIMITAÇÕES DE CADA MÉTODO	5
3.3. PARÂMETROS UTILIZADOS	6
3.4. TAXA DE RECARGA AQUÍFERA	8
4. UTILIZANDO A FERRAMENTA	8
4.1. MAPA INTERATIVO	9
4.2. RELATÓRIO DE RECARGA.....	10
4.2.1. Com base nos dados da ANA	10
4.2.2. Com base em dados próprios	12
5. DOWNLOADS.....	14
6. AGRADECIMENTOS	14
7. REFERÊNCIAS.....	15

1. APRESENTAÇÃO

A Ferramenta Online para Consulta e Estimativa de Recarga (FOCER) foi desenvolvida como produto do Mestrado Profissional em Rede Nacional – ProfÁgua, polo UFBA, inserida na área de concentração dos instrumentos da política de recursos hídricos e na linha de pesquisa, das ferramentas aplicadas aos instrumentos de gestão de recursos hídricos. A FOCER foi desenvolvida por Hermes Luis Barros Santos, sob a orientação do Dr. Jorge Luiz Rabelo e coorientação do Dr. Luiz Rogério Bastos Leal, aplicando a metodologia de separação do escoamento de base por meio da aplicação de filtros numéricos, de modo a fornecer relatórios quantitativos da taxa de recarga aquífera, suprimindo uma carência existente no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) quanto a dados dessa natureza.

Neste manual, você aprenderá a gerar os relatórios de recarga diária (mm/dia), seja através dos dados de vazão disponibilizados no banco de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), ou através de dados próprios que você poderá inserir na ferramenta. Você aprenderá também a utilizar o mapa interativo que disponibiliza os parâmetros de entrada para utilização dos filtros numéricos, previamente calibrados, para 21 pontos de exutório com referência a estações fluviométricas da Rede Hidrometeorológica Nacional, para as bacias do rio Grande e Corrente na área de influência do Sistema Aquífero Urucuia (SAU).

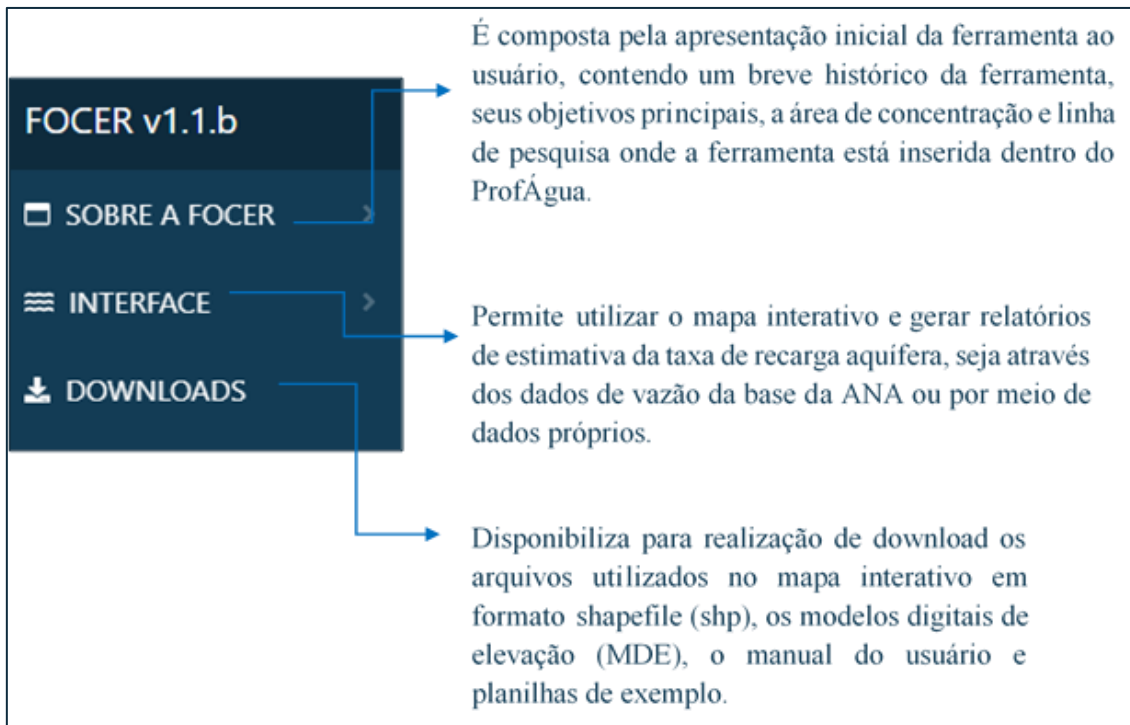
Nós esperamos que essa ferramenta possa proporcionar maior facilidade na aquisição de estimativas da taxa de recarga aquífera de forma prática e confiável, auxiliando em estudos, projetos e processos de tomada de decisão no âmbito da gestão e regulação dos recursos hídricos.

2. VISÃO GERAL

A FOCER é uma ferramenta desenvolvida nos moldes já consagrados e utilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), como por exemplo o Portal HidroWeb, no formato de uma aplicação para web. Ela pode ser acessada através do seguinte link: <https://focer-profagua.com>.

A ferramenta é composta por três funções, sendo essas apresentadas pela Figura 1:

Figura 1 – Menu da FOCER.



Fonte: Elaboração própria.

3. METODOLOGIA

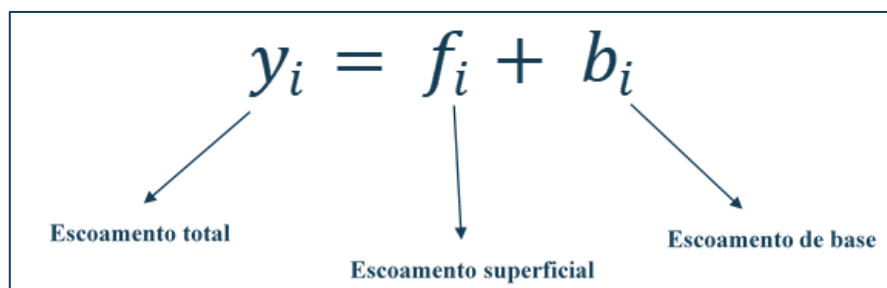
Para estimar a taxa de recarga aquífera é necessário primeiro quantificar a contribuição do escoamento de base. Para isso, podem ser utilizados diversos métodos, que variam de simples a complexa aplicação, como análise por meio de traçadores químicos, variação do nível d'água, balanço hídrico e separação do escoamento de base, sendo este último adotado pela ferramenta FOCER por meio da utilização de filtros numéricos.

Os tópicos seguintes visam apresentar, mesmo que de forma resumida, a metodologia de aplicação dos filtros numéricos adotada pela FOCER.

3.1. FILTROS NUMÉRICOS

Podemos conceituar o escoamento total como sendo a soma algébrica do escoamento superficial e do escoamento de base em um instante de tempo, como apresentado pela Figura 2:

Figura 2 – Componentes do escoamento total.



Fonte: Elaboração própria.

A aplicação dos filtros numéricos permite separar a componente escoamento de base do escoamento total. Dessa forma, a ferramenta FOCER utiliza os seguintes filtros numéricos, em sua versão 1.1, como apresentado no Quadro 1:

Quadro 1 - Filtros numéricos utilizados na versão 1.1 da FOCER.

Filtro de Eckhardt (2005)	$b_i = \frac{(1 - BFI_{m\acute{a}x}) \cdot a \cdot b_{i-1} + (1 - a) \cdot BFI_{m\acute{a}x} \cdot y_i}{1 - a \cdot BFI_{m\acute{a}x}}$	Para aplicar esses filtros considera-se que $b_i \leq y_i$
Filtro de Chapman e Maxwell (1996)	$b_i = \frac{a}{2 - a} \cdot b_{i-1} + \frac{1 - a}{2 - a} \cdot y_i$	
Filtro de Lyne e Hollick (1979) melhorado por Chapman (1991)	$b_i = a \cdot b_{i-1} + \frac{1 - a}{2} \cdot (y_i + y_{i-1})$	

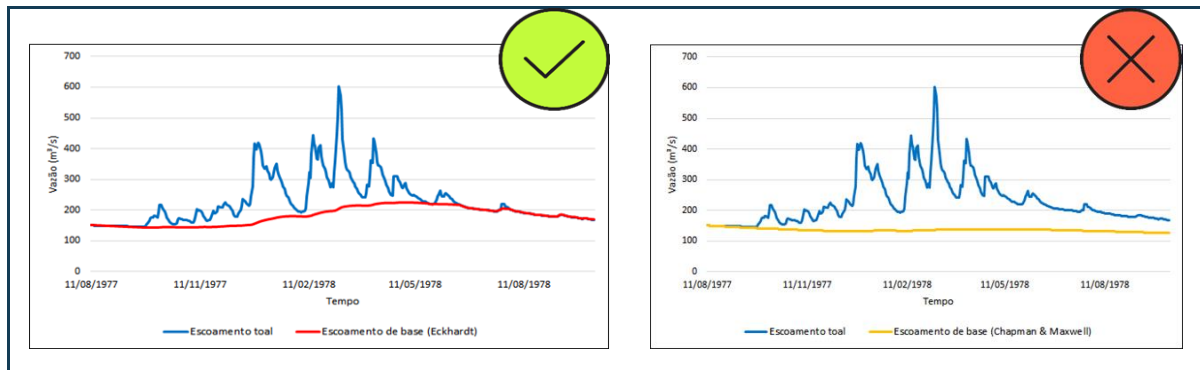
Fonte: Elaboração própria.

3.2. LIMITAÇÕES DE CADA MÉTODO

É importante citar que cada um dos filtros numéricos disponibilizados na FOCER apresentará limitações com base nas características da bacia hidrográfica estudada. Por exemplo, para uma área onde a contribuição subterrânea seja alta, como é o caso das bacias hidrográficas inseridas na região de influência do Sistema Aquífero Urucuaia, a aplicação do filtro de Chapman e Maxwell (1996) não seria recomendada, uma vez que esse filtro apresenta melhor adequação em regiões onde há pouca contribuição do escoamento de base (COLLISCHONN E DORNELLES, 2015). Veja abaixo na Figura 3 o

exemplo para o rio Corrente a partir de dados da estação fluviométrica de código da ANA 45910001.

Figura 3 – Aplicação de filtros para a estação fluviométrica 45910001.



Fonte: Elaboração própria.

3.3. PARÂMETROS UTILIZADOS

Os filtros numéricos de um parâmetro contemplados na versão 1.1 da FOCER utilizam o parâmetro “a” e são eles os filtros de Chapman e Maxwell (1996) e Lyne e Hollick (1979) aperfeiçoado por Chapman (1991). Já o Filtro de Eckhardt (2005) é um filtro de dois parâmetros, ou seja, utiliza o parâmetro “a” e o parâmetro “BFImax”.

Podemos caracterizar o parâmetro “a” como sendo a constante de recessão, definida através da Equação 1.

$$a = e^{-\frac{\Delta t}{k}} \quad (1)$$

Onde:

e = Número de Euler;

Δt = Intervalo de tempo da recessão.

O período característico de recessão, representado por k , pode ser definido através da Equação 2.

$$k = \frac{-\Delta t}{\ln\left(\frac{Q(t+\Delta t)}{Qt}\right)} \quad (2)$$

Onde:

$Q(t + \Delta t)$ = Vazão do dia referente ao fim do intervalo, em m³/s;

Q_t = Vazão do dia inicial do intervalo, em m³/s.

A Tabela 1 apresenta os valores padrões para esse parâmetro propostos pelos próprios métodos adotados na ferramenta.

Tabela 1 - Valores propostos para o parâmetro “a”.

Eckhardt (2005)	0.98
Chapman e Maxwell (1996)	0.925
Lyne e Hollick (1979) melhorado por Chapman (1991)	0.925

Fonte: Elaboração própria.

Quanto ao parâmetro “BFI_{max}”, ele é caracterizado como sendo o índice de fluxo de base máximo, definindo-o através da Equação 3 modificada por Collischonn e Dornelles (2015).

$$BFI_{m\acute{a}x} = 0,8344 \cdot \frac{Q_{90}}{Q_{50}} + 0,2146 \quad (3)$$

Onde:

Q_{90} = Vazão que é igualada ou superada 90% do tempo, em m³/s;

Q_{50} = Vazão que é igualada ou superada 50% do tempo, em m³/s;

A Tabela 2 apresenta os valores padrões para esse parâmetro propostos por Eckhardt (2005)

Tabela 2 - Valores propostos para o parâmetro “BFI_{max}”.

Condição	BFI_{max}
Rios perenes e aquíferos porosos	0.80
Rios efêmeros ou intermitentes e aquíferos porosos	0.50
Rios perenes e aquíferos impermeáveis	0.25

Fonte: Elaboração própria.

3.4. TAXA DE RECARGA AQUÍFERA

Após a etapa de separação do escoamento de base o valor da taxa de recarga diária ou média anual poderá ser facilmente estimado dividindo o valor do escoamento de base diário ou médio anual pela área de drenagem da bacia de estudo, e em seguida multiplicando a um fator de conversão para atender as unidades em mm/dia ou mm/ano. Veja na Figura abaixo um exemplo prático.

Figura 4 – Equação para obtenção da taxa de recarga aquífera média anual.

$$TR = \frac{\bar{b}}{A} \cdot 1000 \cdot 31622400$$

As setas indicam:

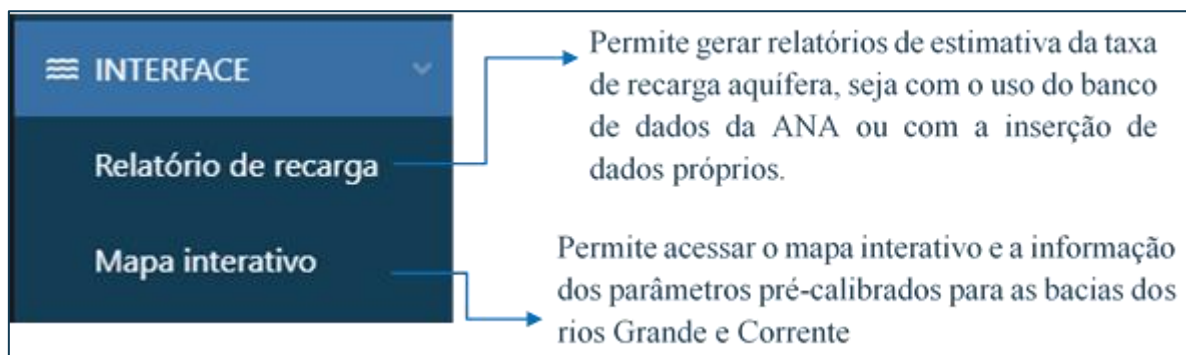
- \bar{b} : Escoamento de base médio
- A : Área de drenagem
- 1000: Fator de conversão para mm
- 31622400: Fator de conversão para anos
- TR: Taxa de recarga

Fonte: Elaboração própria.

4. UTILIZANDO A FERRAMENTA

A interface da ferramenta pode ser dividida em duas partes, a primeira, relacionada a elaboração dos relatórios de recarga e, a segunda, relacionada a consulta do mapa interativo. A visualização dessas funcionalidades é simples e intuitiva e pode ser feita através do menu clicando na opção “INTERFACE”, como apresentado a seguir pela Figura 5.

Figura 5 – Equação para obtenção da taxa de recarga aquífera média anual.



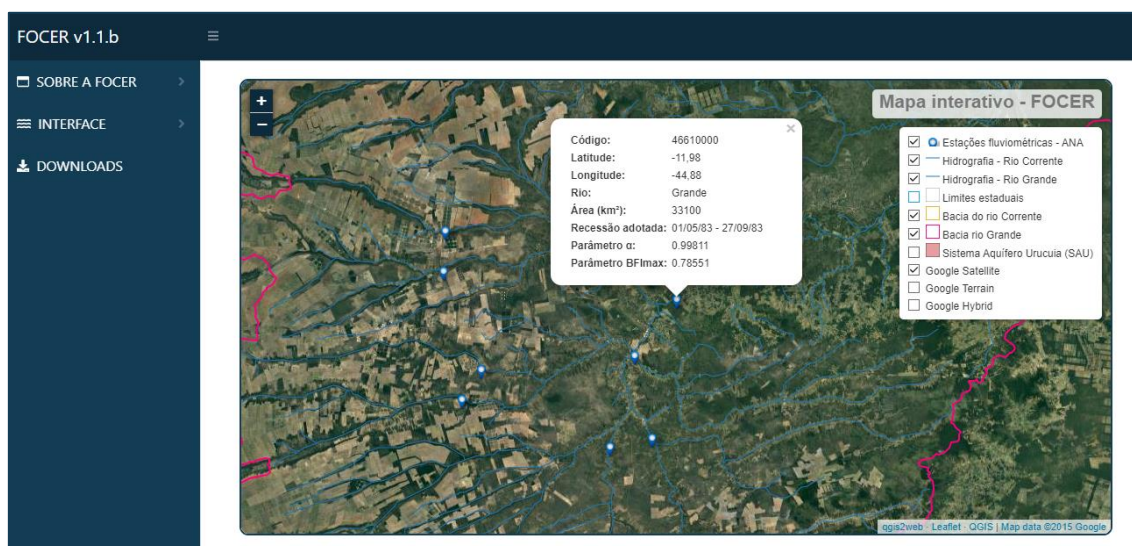
Fonte: Elaboração própria.

4.1. MAPA INTERATIVO

Essa funcionalidade visa ajudar o usuário a encontrar com facilidade as informações referentes aos parâmetros de entrada dos filtros numéricos já calibrados para diferentes sub-bacias dos rios Grande e Corrente, na área de influência do SAU, através de uma aplicação WebGIS, como apresentado na Figura 6, que irá fornecer as informações acerca dos 21 pontos de exutório, com base nas estações fluviométricas cadastradas na RHN. As informações disponibilizadas são, portanto, as mesmas apresentadas no Portal Hidroweb e foram adotadas por se tratar de uma base de dados oficial. Acessando o mapa interativo da FOCER, basta clicar nos pontos em cor azul para visualizar as seguintes informações:

- Código da estação fluviométrica, a mesma base da RHN;
- A latitude e a longitude da estação fluviométrica;
- O nome do rio;
- A área em km², a partir daquele ponto de exutório;
- O período de recessão utilizado para calibrar o parâmetro "a";
- O valor do parâmetro "a" previamente calibrado;
- O valor do parâmetro "BFImax" previamente calibrado.

Figura 6 – Equação para obtenção da taxa de recarga aquífera média anual.



Fonte: Elaboração própria.

4.2. RELATÓRIO DE RECARGA

O relatório de estimativa da taxa de recarga aquífera é gerado em um formato de planilha editável, compatível com os softwares gratuitos disponíveis no mercado. Existem duas formas de gerar o relatório, sendo a primeira forma através da busca dos dados de vazão diária, diretamente da base de dados da ANA, utilizando o webservice disponibilizado pela agência (ServiceANA Web Service). Essa opção permite que a ferramenta opere de forma integrada aos dados atualizados frequentemente atualizados da RHN, e embora proporcione apenas os parâmetros de entrada dos filtros numéricos para as bacias dos rios Grande e Corrente na área de influência do SAU, pode ser utilizada para qualquer outra bacia de estudo, desde que o usuário entre com os parâmetros corretos acerca do filtro escolhido.

A segunda possibilidade disponível na FOCER permite gerar o relatório com o uso de dados próprios, inseridos pelo usuário através de uma planilha no formato .csv, organizada em duas colunas, sendo a primeira relacionada ao período (em dias) e a segunda relacionada a vazão total (em m³/s). Essa funcionalidade visa possibilitar o uso da ferramenta para qualquer região no mundo em que se deseje estudar a taxa de recarga aquífera e que os filtros disponíveis sejam aplicáveis.

Os tópicos seguintes apresentarão um passo-a-passo quanto a utilização dessas duas funcionalidades.

4.2.1. Com base nos dados da ANA

A FOCER disponibiliza três tipos de filtros numéricos para separação do escoamento de base, a partir da base de dados da ANA, permitindo assim estimar a taxa de recarga aquífera. Você poderá estimar a taxa de recarga aquífera para as estações cadastradas na Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), escolhendo períodos históricos ou até mesmo a natureza dos dados (brutos ou consistidos).

A Figura 7 apresenta a seguir os campos de entrada dessa funcionalidade, onde estão separados em 3 setores, sendo eles:

- Parâmetros (ANA)
- Métodos (Filtros numéricos)
- Parâmetros (Filtros numéricos)

Figura 7 – Equação para obtenção da taxa de recarga aquífera média anual.

Fonte: Elaboração própria.

Conforme observamos na figura acima, vemos que existem campos de entrada para parâmetros diversos, elencados em itens de I à VII. A seguir, será apresentada a descrição de cada um destes itens conforme apresentado na Figura 7.

- I: Neste campo o usuário deverá inserir o código da estação pluviométrica, conforme cadastrado na RHN, por exemplo: 46550000;
- II: Neste campo o usuário deverá entrar com a data de início do período histórico a ser estudado, por exemplo: 05/04/1994;
- III: Neste campo o usuário deverá entrar com a data de fim do período histórico a ser estudado, por exemplo: 31/12/2020;
- IV: Neste campo o usuário deverá escolher entre dados brutos ou dados consistidos. Caso o usuário selecione dados consistidos, mas a série histórica escolhida não comportar apenas dados consistidos para a mesma, ela será preenchida com dados brutos para os anos em que não existem dados consistidos.

- V: Neste campo o usuário deverá selecionar o filtro numérico desejado, aplicável a área de estudo;
- VI: Neste campo o usuário deverá entrar com os parâmetros necessários para aplicação do filtro. **Utilize o ponto “.” Como separado decimal!**
- VII: Ao clicar no botão “Gerar relatório” o usuário iniciará a elaboração do relatório no formato de planilha editável, certifique-se de que todos os campos necessários foram preenchidos antes de gerar o seu relatório.

4.2.2. Com base em dados próprios

A FOCER disponibiliza três tipos de filtros numéricos para separação do escoamento de base a partir da inserção de dados próprios, permitindo assim estimar a taxa de recarga aquífera. Realize o upload do arquivo com os dados organizados em duas colunas, a primeira coluna com os dados de tempo, em dias, e a segunda coluna com os dados de vazão, em m³/s. O arquivo deve ser enviado em formato .csv e os dados devem ser organizados de forma contínua sem falhas.

A Figura 8 apresenta a seguir os campos de entrada dessa funcionalidade, onde estão separados em 2 setores, sendo eles:

- Métodos (Filtros numéricos)
- Parâmetros (Filtros numéricos)

Figura 8 – Equação para obtenção da taxa de recarga aquífera média anual.

The screenshot shows a web form with the following sections:

- I Métodos (Filtros numéricos)**: Three radio buttons for selecting a method: Eckhardt (2005), Lyne & Hollick (1979), and Chapman & Maxwell (1996).
- II Parâmetros (Filtros numéricos)**: Three input fields for parameters: Área de drenagem (km²), Constante de recessão (α), and Base Flown Index (BFI).
- III**: A dashed box containing the text "Nenhum arquivo selecionado" (No file selected).
- IV**: A button labeled "Gerar relatório" (Generate report).

Fonte: Elaboração própria.

Conforme observamos na figura acima, vemos que existem campos de entrada para parâmetros diversos, elencados em itens de I à IV. A seguir, será apresentada a descrição de cada um destes itens conforme apresentado na Figura 8.

- I: Neste campo o usuário deverá selecionar o filtro numérico desejado, aplicável a área de estudo;
- II: Neste campo o usuário deverá entrar com os parâmetros necessários para aplicação do filtro. **Utilize o ponto “.” Como separado decimal!**
- III: Neste campo o usuário deverá fazer o upload dos dados de vazão no formato .csv, organizados em duas colunas, sendo a primeira para o período (em dias) e a segunda para a vazão (em m³/s). A Figura 9 apresenta um exemplo de como os dados devem ser organizados, assim como o cabeçalho de cada coluna.

Figura 9 – Exemplo de organização dos dados para inserção na FOCER.

	A	B
1	Tempo	Esc. Total
2	1	161.13
3	2	160.147
4	3	160.147
5	4	159.166
6	5	158.186
7	6	158.186
8	7	158.186
9	8	157.207
10	9	157.207
11	10	157.207
12	11	157.207
13	12	157.207
14	13	157.207
15	14	157.207

Fonte: Elaboração própria.

- IV: Ao clicar no botão “Gerar relatório” o usuário iniciará a elaboração do relatório no formato de planilha editável, certifique-se de que todos os campos necessários foram preenchidos antes de gerar o seu relatório.

5. DOWNLOADS

Você poderá realizar o download de arquivos complementares, disponibilizados pela ferramenta, como os arquivos shapefile utilizados no mapa interativo ou dos modelos digitais de elevação (MDE) para as bacias hidrográficas contempladas na ferramenta, além do manual do usuário e da planilha de exemplo para inserção de dados próprios. Para realizar o download de arquivos, é necessário apenas clicar em algum dos títulos disponíveis, como apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Download de arquivos complementares.



Fonte: Elaboração própria.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfªÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

7. REFERÊNCIAS

CHAPMAN, T. G. **Evaluation of automated techniques for base-flow and recession analyses – comment.** Water Resources Research, 27, p. 1783–1784, 1991.

CHAPMAN T. G.; MAXWELL A. I. **Baseflow separation—comparison of numerical methods with tracer experiments.** Hydrological and Water Resources Symposium, Institution of Engineers Australia, Hobart; p. 539– 545, 1996.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais.** Editora ABRH, 2ª edição revisada e ampliada, 2015.

ECKHARDT, K. **How to construct recursive digital filters for baseflow separation.** Hydrological Processes, v. 19, p. 507-515, 2005.

LYNE, V.; HOLLICK, M. **Stochastic time-variable rainfall runoff modelling.** I.E. Aust. Natl. Conf. Publ. 79/10, p.89-92, Inst. of Eng., Aust., Canberra, 1979.