

OBTENÇÃO DO POTENCIAL HIDROLÓGICO DO RIO TAPAJÓS ATRAVÉS DA CURVA DE PERMANÊNCIA

Anne Karine Arakian Izel¹; Francisco Oscar Oliveira da Silva Junior¹; Késsia Lira Matos da Silva¹; Álvaro Ramos Menezes Santos¹; Joecila Santos Da Silva².

RESUMO – A curva de permanência é a ferramenta que propicia o estudo da oferta das vazões de uma bacia hidrográfica, aperfeiçoando a gestão de demandas. A análise da variação espacial e temporal das vazões e da demanda permite que a disponibilidade hídrica seja conhecida, permitindo eficácia na gestão. Este artigo mostra que na curva de permanência utiliza-se da vazão Q₉₅ para possibilitar a avaliação do atendimento aos padrões ambientais do corpo receptor. Além da curva de permanência, faz-se análise das vazões máximas de mínimas da estação Barra do São Manuel, além de realização de hidrograma, garantindo melhor reconhecimento das características do Rio Tapajós. Neste estudo, observaram-se peculiaridades, como um padrão de exatamente seis meses entre o período de cheia e estiagem.

Palavras-Chave – Rio Tapajós; disponibilidade hídrica; curva de permanência.

ABSTRACT– The flow duration curve is a widget that provides the study of the flow supply of river basins, improving the demand controlling. The analysis of the space and weather flow changes and of the demand allows the knowledge of hydric availability, ensuring management efficacy. This article shows the possibility to use the Q₉₅ flow to evaluate the environmental patterns of the reception region. Besides the flow duration curve, this study analyses the Barra de São Manuel station's maximum and minimum flow, in addition to the making of the hidrograma graphic. With this study, it was possible to observe some uniquenesses, like a pattern of exactly six months between the flood and dry fases.

Keywords – Tapajós River; hydrological capacity; flow duration curve.

¹ Acadêmicos de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Superior de Tecnologia – EST, Avenida Darcy Vargas, 1200, Parque 10, CEP: 69050-020, Manaus/AM, Brasil, akai.eng@uea.edu.br, foods.eng@uea.edu.br, klmds.eng@uea.edu.br, arms.eng@uea.edu.br

² Professora da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Superior de Tecnologia – EST, Avenida Darcy Vargas, 1200, Parque 10, CEP: 69050-020, Manaus/AM, Brasil, jsdsilva@uea.edu.br

A bacia amazônica é conhecida mundialmente por sua vasta extensão, possuindo aproximadamente 6 869 000 km² de área de drenagem (Silva, 2010). Em território brasileiro ela ocupa 45% do território nacional e abrange os estados do Amazonas, Roraima, Pará, Rondônia, Acre, Amapá e Mato Grosso. É formada por 10 sub-bacias que se estende desde a confluência do rio Javari, oeste do estado do Amazonas, até a foz do rio Amazonas, no oceano Atlântico. Fazem parte da bacia os rios Madeira, Tocantins, Negro, Xingu, Tapajós, Purus, Marañón, Ucayali, Japurá-Caquetá, Juruá, Putamayo-Iça, Trombetas, Napo e Uatumã (UNEP, 2004).

Os recursos hídricos são de extrema importância em relação ao manejo sustentável da água para o bem-estar da população e para o desenvolvimento dos países. Logo, o Brasil é um país privilegiado no que se diz respeito a quantidade de água, pois possui uma das maiores bacias hidrográficas do mundo. Com o aumento da população e o consumo desregular da água, faz-se necessário o monitoramento do uso. A gestão de recursos hídricos integra uma série de iniciativas com o objetivo de regular, controlar e proteger os recursos hídricos sob normas da legislação vigente (PENSAMENTO VERDE, 2017).

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos segue as diretrizes apontadas pela Lei das Águas nº 9.433/97, que defende a conservação e o uso racional da água sob a Política Nacional de Recursos Hídricos. A ênfase desta política é a despoluição de corpos d'água, ação que depende de transporte de esgotos sanitários, desassoreamento e controle de erosão; recuperação e preservação de nascentes e mananciais e prevenção de impactos das secas e enchentes que abrange ações como barragens subterrâneas, controle de cheias e recomposição da mata ciliar (PENSAMENTO VERDE, 2017).

Essa lei cria e regulamenta a Agência Nacional das Águas (ANA). Ela é a entidade responsável pela implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e pelo gerenciamento do SINGRH. A ela compete atuar na elaboração e implementação de planos de recursos hídricos em bacias hidrográficas de domínio federal e oferecer apoio técnico para elaboração desses planos em outras esferas (EOS).

A realização de estudos hidrológicos em bacias hidrográficas vem da necessidade de se compreender os processos que controlam o movimento da água e os impactos de mudanças do uso da terra sobre a quantidade e qualidade da água (Whitehead; Robson, 1993); a regionalização da

informação hidrológica possibilita suprir as deficiências de informações e compor o perfil de funcionamento das bacias, fornecendo valores quantitativos de vazão e/ou variação de nível (Cleber *et al.*, 2015).

Dois dos componentes essenciais na regionalização hidrológica são a cota fluviométrica e a vazão de referência. Segundo Porto (2000), o estudo da vazão é essencial para o planejamento e execução das obras envolvendo recursos hídricos, tais como barragens, canais, sistemas de drenagens e muitos outros. Segundo Tucci (2001), a estimativa da vazão máxima torna-se importante para o controle de inundações e dimensionamento de obras hidráulicas. Para Silveira *et al.* (2003), as vazões mínimas são importantes em estudos de disponibilidade hídrica, pois é na ocorrência dessas vazões que a disponibilidade de água é considerada crítica para atender todas as demandas (Cleber *et al.*, 2015).

A resolução CERH-AM nº 01 de julho de 2016 regulamenta a forma de utilização da água até que novos critérios sejam estabelecidos após a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado do Amazonas, visando evitar que o rio seque pelo excesso do uso. O artigo 24, inciso II da resolução diz que a vazão adotada como referência para a outorga do direito de uso das águas superficiais é a vazão com garantia de permanência num certo período de tempo em que 95% (noventa e cinco por cento) do volume da mesma for igual ou superior à vazão solicitada, levando em consideração a bacia de contribuição no ponto de captação e os dados de referência estabelecidos pelas estações pluviométricas instaladas nas bacias. E no inciso V que a soma das vazões máximas outorgadas na bacia, limitada pela seca transversal, não poderá exceder a 75% (setenta e cinco por cento) da vazão de referência (Q_{95}).

A curva de permanência é de extrema importância para o estudo dos regimes dos rios porque através dela permite visualizar de imediato a potencialização natural do rio, destacando a vazão mínima e o grau de permanência de qualquer valor de vazão. Ela permite ainda estimar os efeitos de um pequeno reservatório sobre a vazão mínima garantida. Além dos resultados diretos que fornece para o estudo do aproveitamento das disponibilidades do curso de água, ressaltando a riqueza hídrica da bacia. (NELSON *et al.*, 1973)

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área de estudo abordada abrange o estado do Amazonas mais precisamente no município de Borba na latitude 7°20'22.92" S, 58°9'19.08" que se trata da localização da estação Barra do São Manuel onde é feito o estudo do rio, é cadastrada no banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) identificada pelo código 17430000. O Rio Tapajós é um rio brasileiro que nasce no estado de Mato Grosso. Recebe o nome de Tapajós neste ponto em que se unem os rios Juruena e Teles Pires. Faz divisa entre os estados do Amazonas. O Tapajós é o quinto maior tributário do Amazonas e sua bacia cobre cerca de 489.000 km² ou aproximadamente 7% da bacia amazônica.

Suas cabeceiras se localizam a quase 2.700 km da foz do rio Amazonas e próximas de Cuiabá, capital do Mato Grosso no Brasil Central. A foz do rio Tapajós está distante cerca de 800 km da foz do Amazonas. Mais de 95 % da bacia do rio Tapajós é dividida entre os Estados de Mato Grosso e Pará, com os estados do Amazonas e Rondônia limitando o setor ocidental da drenagem. Existem movimentos políticos de mais de duas décadas que defendem a criação do Estado do Tapajós, que incluiria uma parte significativa da bacia deste rio.

A maior parte da bacia do Tapajós se localiza no Escudo Brasileiro e dentro dos limites da floresta tropical amazônica. Suas cabeceiras se encontram nas savanas arbustivas do Brasil Central a menos de 200 km do gigantesco Pantanal. A precipitação média anual é de aproximadamente 2300 mm, existindo uma pronunciada estação seca de três a quatro meses. A estação chuvosa no alto Tapajós se inicia no final de setembro enquanto que no baixo curso se inicia no final de dezembro ou janeiro. O pico das inundações nos cursos médio e alto do Tapajós usualmente ocorre em março. Próximo à boca do rio Tapajós, o nível do rio atinge seu nível mais alto normalmente em maio ou junho. Esta diferença nos períodos de alagamento de distintos trechos do rio acontece porque o nível das águas do Tapajós é controlado pelo rio Amazonas próximo à foz. A flutuação anual do nível do Tapajós e dos rios Juruena e Teles Pires, dois de seus principais tributários, são em média de 4 a 5 metros. As diferenças entre os níveis máximos e mínimos do rio estão em torno de 8 a 9 metros.

A maior parte dos tributários do Tapajós flui através de terrenos relativamente elevados do Escudo Brasileiro. Regiões serranas como a Serra do Cachimbo, a Serra dos Caiabis e a Serra do Tombador são drenadas pelos rios Juruena e Teles Pires. As primeiras grandes corredeiras do rio Tapajós se localizam próximas a Itaituba, cerca de 200 km da foz. Peixes migratórios, entretanto, são capazes de atravessar estas corredeiras. Numerosas corredeiras são encontradas também no médio e alto cursos dos rios Juruena e Teles Pires. O Juruena apresenta áreas de florestas inundáveis

e existem pequenas áreas de relevo rebaixado sujeitos a alagamentos sazonais espalhados por toda a bacia do Tapajós. Assim como os rios Tocantins e Xingu, o Tapajós possui uma grande foz em forma de lago circundada por falésias e praias arenosas. As praias são inundadas por seis meses por ano e dão suporte a espécies de plantas adaptadas a substratos mais arenosos e sujeitos a alagamento como os cajus silvestres (*Anacardium* spp.). Na sua desembocadura do Tapajós pode-se observar rios de águas barrenta, preta e clara. O rio Arapiuns, de água preta, é um tributário da margem esquerda do Tapajós que drena solos arenosos e que desemboca nas águas claras do Tapajós, bem próximo a sua confluência com o barrento rio Amazonas.

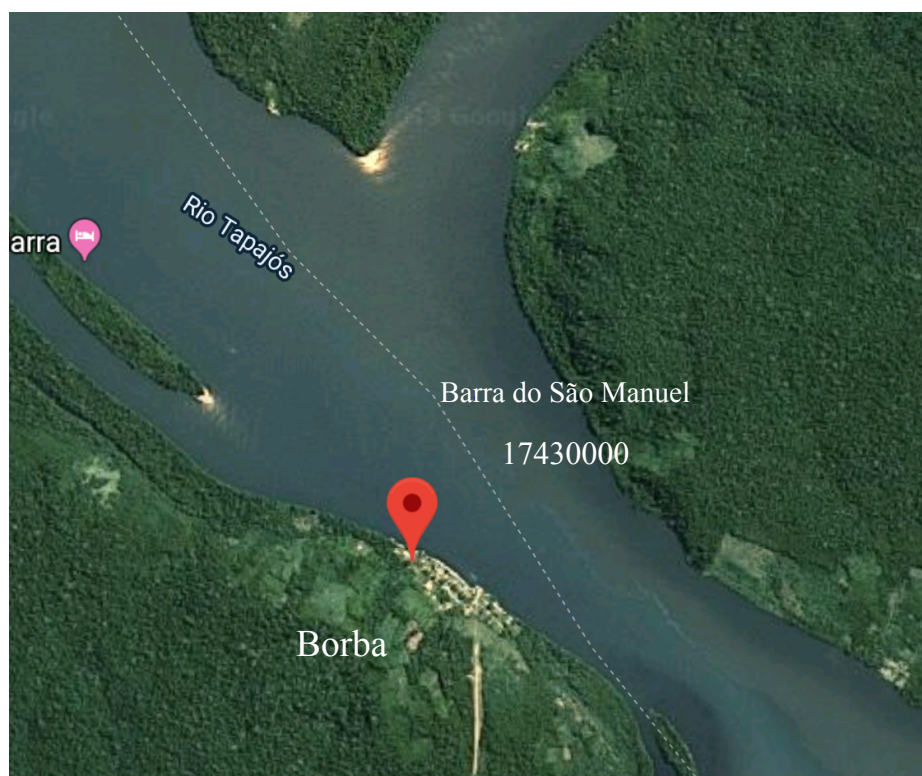


Figura 1 - Estação Barra do São Manuel

Fonte: Base de dados do Google Earth (2019)

Dados

Este trabalho foi realizado em cima dos dados coletados da estação Barra do São Manuel, localizado sob as coordenadas S 7° 20' 22.92" e W 58° 9' 19.08", no entorno do município de Borba/AM, estação esta, sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e identificada pelo código 17430000.

A escolha da estação considerou os critérios de proximidade com a foz do rio e a quantidade de dados a respeito da vazão informados (sendo 30 o valor de corte para a escolha das estações).

Métodos

Com a utilização dos dados emitidos pela estação foi possível elaborar 3 (três) ferramentas gráficas, sendo elas a curva de permanência, hidrograma e o gráfico de máximas e mínimas. Tais ferramentas foram feitas a partir do uso do software Excel com a função específica de gerar as curvas que serão apresentadas neste estudo.

Realização dos gráficos

Para a curva de permanência os dados foram alocados no software e a partir disso a curva de permanência foi feita já com os dados organizados por classes. Foi utilizado o método matemático da inversa da exponencial quadrada para definir a quantidade de classes que seriam utilizadas como é mostrado a seguir:

$$N_c = \sqrt{Nr} \quad (1)$$

Para a definição da amplitude que as classes teriam foi utilizado o método estatístico de definição de amplitude.

$$Amp = \frac{Q_m - Q_{min}}{N_c}$$

(2)

Onde:

N_c : número de classes para o estudo

Amp : amplitude das classes

Q_m : vazão máxima, dada em (m^3/s)

Q_{min} : vazão mínima, dada em (m^3/s)

Em seguida, com auxílio do software Excel, ordenou-se as vazões de forma crescente, e atribuiu-se, a cada vazão, uma discriminação correspondente à sua posição na sequência, sendo 1

para a menor vazão registrada e n_r para a maior vazão do conjunto. Sendo assim, calculou-se a frequência acumulada de cada classe de vazão segundo as equações 3 e 4.

$$f = \frac{N_o}{n_r} \quad (3)$$

$$f_{acum} = f + f_a \quad (4)$$

Finalmente, partiu-se para a determinação da permanência das vazões, conforme equação 5.

$$P = 1 - f_{acum} \quad (5)$$

Onde:

f : frequência de ocorrência de vazão dentro da classe;

n_r : número de registros de vazões;

N_o : número de ocorrências da classe de vazão;

f_a : frequência da vazão analisada;

f_{acum} : frequência acumulada; e

P : permanência da vazão.

A obtenção dos valores máximos e mínimos, foi feita a partir dos dados de cada ano, separadamente, onde foram extraídos os valores máximos e mínimos anuais e, para otimização do potencial de análise, foram inseridas as linhas representativas da média de cada grupo (média das máximas e média das mínimas), conforme equações 6 e 7.

$$\bar{q}_{máx} = \frac{\sum q_{máx}}{n_a} \quad (6)$$

$$\bar{q}_{mín} = \frac{\sum q_{mín}}{n_a} \quad (7)$$

Onde:

$\bar{q}_{máx}$: vazão média máxima [m³/s];

$q_{máx}$: vazão máxima anual [m³/s];

$\bar{q}_{\min}$: vazão média mínima [m^3/s];

$q_{\max}$: vazão máxima anual [m^3/s]; e

n_a : número de anos com registros de vazão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na estação Barra São Manuel, localizada no começo do rio Tapajós, a vazão mínima média foi de 3026,952 m^3/s e a vazão máxima média mensal foi de 17089,14 m^3/s (Figura 2). Essa estação apresenta uma leve tendência linear de diminuição das vazões médias mensais, até o último período analisado (outubro 2014).

A curva de permanência da vazão para a estação da Barra do São Manuel no município de Borba – AM (série histórica de 1976 – 2014), apresentou um valor de $Q_{95} = 2945 \text{ m}^3/\text{s}$.

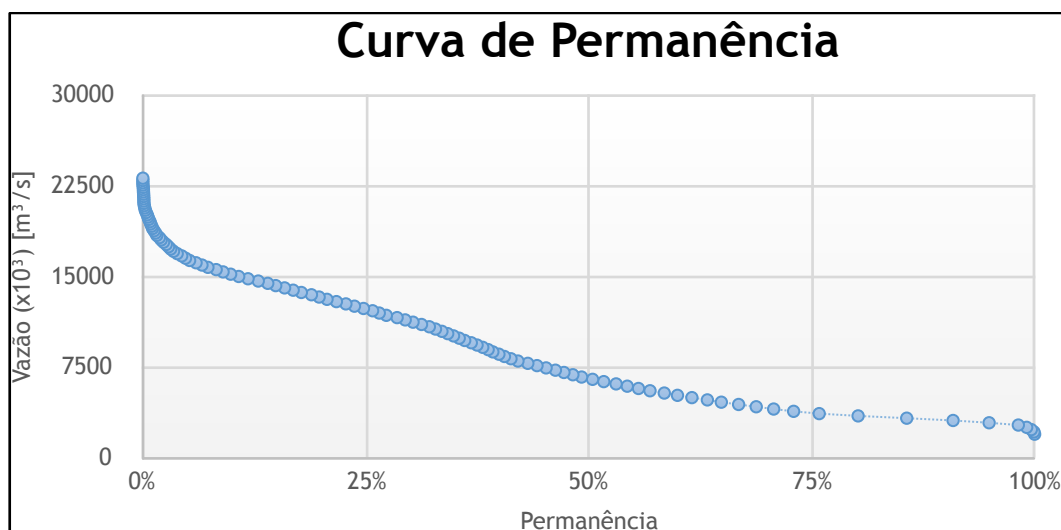


Figura 3 – Curva de permanência

Os valores máximos e mínimos de vazão indicam que a vazão média atinge seu valor máximo em abril com vazão 14251,6 m^3/s , o valor mínimo de vazão média ocorre no mês de setembro com vazão de 3217,423 m^3/s . Pôde-se perceber que o período entre a cheia e a estiagem é de exatamente 6 meses.

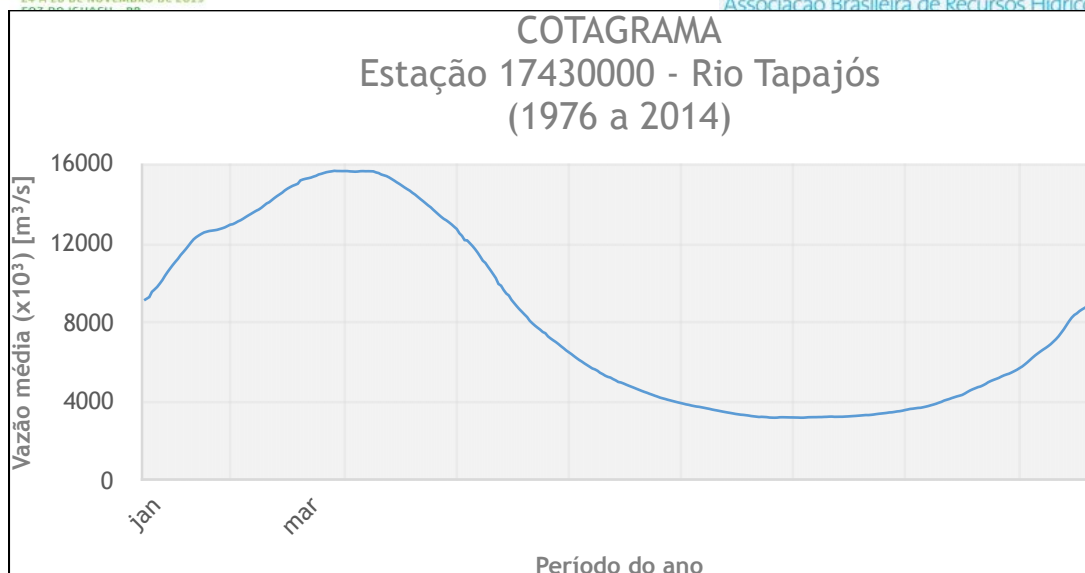


Figura 4 – Vazão média mensal

Fazendo análise do período de estudo, pôde-se notar que em 1979 ocorreu a vazão máxima mais elevada com valor de 22,612 m³/s e a vazão mínima ocorreu em 2002 com valor de 2,148 m³/s.

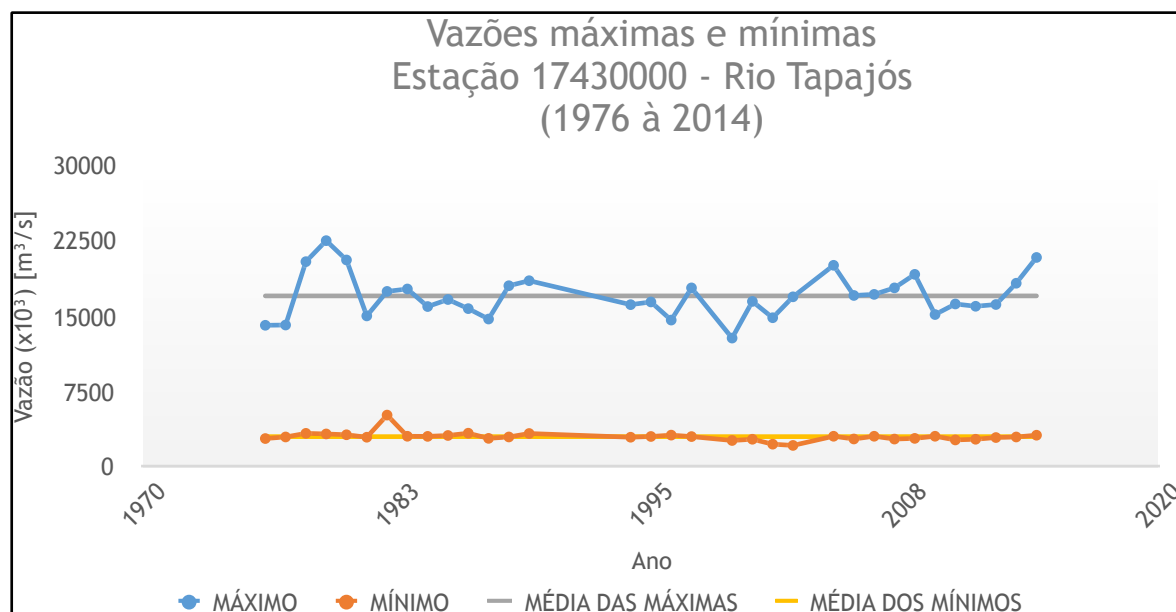


Figura 5 - Vazões máximas e mínimas anuais

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio das análises realizadas sobre os dados obtidos na estação Barra do São Manuel, em um período de 38 anos, percebeu-se que o estudo de vazões do Rio Tapajós, através da curva de permanência, possibilita auxiliar com eficácia na gestão das demandas dos recursos hídricos da

região. Além disso, essa ferramenta é capaz de auxiliar no tráfego de embarcações no rio, pois informa os períodos de cheias e estiagens.

O entendimento das vazões mínimas é necessário para se conhecer o comportamento do rio quando há pouca disponibilidade hídrica (períodos de estiagem), para se estimar as vazões mínimas necessárias para a manutenção dos habitats ecológicos, com base na fixação máxima de captação direta do rio para abastecimento de água para as populações e indústrias. Já as vazões máximas permitem um maior entendimento do regime hidrológico, além de permitir prever períodos de enchentes.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. Hidroweb – Banco de Dados. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em março de 2019.

CLAUDIO *et al.* (2013). “NIVELAMENTO DE ESTAÇÕES LINIMÉTRICAS DO RIO TAPAJÓS COM DADOS ALTIMÉTRICOS”. Disponível em: < <https://drive.google.com/drive/folders/0B2-G2XzwqvUENHJvWUo0Q2tpZEE>>. Acesso em março de 2019.

CLEBER *et al.* (2015). “REGIONALIZAÇÃO HIDROCLIMATOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPAJÓS”. Revista Geográfica Acadêmica v.9. Disponível em: <<https://revista.ufrb.br/rga/article/viewFile/2929/1675>>. Acesso em março de 2019.

ELIÉZER *et al.* “Análise das vazões do rio tapajós como auxílio ao planejamento hídrico”. Disponível em: <<https://even3.blob.core.windows.net/anais/31516.pdf>>. Acesso em março de 2019.

EOS. “Como funciona a gestão dos recursos hídricos no Brasil”. Disponível em: <<https://www.eosconsultores.com.br/como-funciona-gestao-de-recursos-hidricos-no-brasil/>>. Acesso em março de 2019.

PENSAMENTO VERDE. “A importância da gestão dos recursos hídricos no Brasil”. Disponível: <<https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/importancia-da-gestao-dos-recursos-hidricos-brasil/>>. Acesso em março de 2019.

PINTO, NELSON *et al.* (1973). *Hidrologia de superfície*. CEPHH/UFPR. São Paulo- SP, 2 ed.