



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE UNB DE PLANALTINA

HUGO SANTOS DE ANDRADE

**DEFINIÇÃO DA CURVA-CHAVE DE VAZÃO DO RIBEIRÃO PIPIRIPAU A
JUSANTE DA CONFLUÊNCIA COM O CÓRREGO TAQUARA**

PLANALTINA-DF

2017

HUGO SANTOS DE ANDRADE

**DEFINIÇÃO DA CURVA-CHAVE DE VAZÃO DO RIBEIRÃO PIPIRIPAU A
JUSANTE DA CONFLUÊNCIA COM O CÓRREGO TAQUARA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Gestão Ambiental da Universidade
de Brasília, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Gestão Ambiental.

Orientador: Jorge Enoch Furquim Werneck Lima
Co-orientador: Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento

PLANALTINA-DF

2017

HUGO SANTOS DE ANDRADE

**DEFINIÇÃO DA CURVA-CHAVE DE VAZÃO DO RIBEIRÃO PIPIRIPAU À
JUSANTE DA CONFLUÊNCIA COM O CÓRREGO TAQUARA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Gestão Ambiental da Universidade
de Brasília, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Gestão Ambiental

Aprovada em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Jorge Enoch Furquim Werneck Lima – Embrapa Cerrados
(Orientador)

Prof. Dr. Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento – UnB/FUP
(Co-orientador)

MSc. Sara Ferrigo – UnB
(Examinador)

Prof. Dr. Luiz Felipe Salemi – UnB/FUP
(Examinador)

Dedicatória

Ao meu pai, Josemar Francisco de
Andrade, sei que estaria muito feliz de ver o
seu filho dando esse passo à frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que fizeram parte desse trabalho, mas um obrigado em especial ao meu avô, Alírio Soares, que cedeu com enorme bondade a sua chácara para que fosse possível a realização da obtenção dos dados necessários para a conclusão do trabalho e a minha mãe, Ilma Soares dos Santos, que desde sempre me apoiou e me ajudou a quebrar diversas barreiras que foram impostas pela vida.

Ao meu Co-orientador Carlos Tadeu, que me ajudou a direcionar a pesquisa e de maneira construtiva realizou diversas críticas propiciando a evolução em um processo de desenvolvimento acadêmico ao longo do tempo em suas contribuições.

Ao meu orientador Jorge Werneck, que incentivou e possibilitou a conclusão desse trabalho.

Aos meus colegas de estágio: Átila Ferreira, Frederico Piontkowski e Maurício Alves que me ajudaram nos trabalhos de campo. As minhas colegas de estágio: Amanda Rodrigues, Calienes Schlender e Tacyanna Amaral pelo apoio às atividades realizadas no laboratório de hidrometria.

Aos técnicos José Roberto Leopoldino, Luciano Adjuto e Daphne Muniz que me ajudaram de diversas formas para a finalização desse trabalho.

Aos meus amigos/irmãos: Leonardo Milhomem, Matheus Castilho, Washington Luiz que colaboraram para que eu não precisasse entrar na água do Pipiripau às 08:00 me ajudando a colocar uma espécie de ponte de onde seriam feitas as medições de vazão.

À Embrapa Cerrados, pelo financiamento dos projetos.

Rumo ao amor! Não importa qual
caminho trilhe, não se ilhe, sonho que se sonha
junto é o maior louvor.

Neto – Síntese

RESUMO

Bacias hidrográficas com um potencial de elevado desenvolvimento urbano e agrícola vêm sofrendo com a crescente retirada dos recursos hídricos de seus cursos d'água, podendo causar impactos ambientais e sociais, particularmente durante os períodos de estiagem. Mesmo que a legislação brasileira estabeleça a vazão mínima, essas são frequentemente incapazes de manter os serviços ecossistêmicos. A bacia do Ribeirão Pípiripau, sub-bacia do Rio São Bartolomeu, localizada na porção nordeste do Distrito Federal foi selecionada por suas características de usos múltiplos dos recursos hídricos e os conflitos gerados por esses diversos usos. O objetivo deste trabalho foi definir a curva-chave de vazão em um segmento do Ribeirão Pípiripau, localizado no Núcleo Rural Taquara, Planaltina – DF. As medições foram feitas com régua e molinete hidrométrico e as vazões foram calculadas pelo método da meia-seção. O estudo foi efetuado com base em 13 medições de nível e vazão realizadas entre 2015 e 2016 em uma seção à jusante, cerca de 300 metros, da confluência com o Córrego Taquara. Os resultados obtidos mostram uma relação adequada entre a cota e a vazão na referida seção de monitoramento.

Palavras-chave: Curva Chave, Hidrometria, Hidrologia, Monitoramento Ambiental.

ABSTRACT

Watersheds with a potential for high urban and agricultural development have been suffering from the increasing withdrawal of water resources from their water courses, which may cause environmental and social impacts, particularly during periods of drought. Even if Brazilian legislation establishes the minimum flow, they are often unable to maintain ecosystem services. The Ribeirão Pípiripau Basin, a sub-basin of the São Bartolomeu River, located in the northeastern portion of the Federal District was selected for its multiple use characteristics of water resources and the conflicts generated by these different uses. The objective of this work was to define the streamflow rating-curve in a determined section of Pípiripau river, located in the Taquara Rural Community, Planaltina - DF. Measurements were done by using a scale and a Universal current meter for flow velocity measurement. The water discharge was calculated by using the half section method. The study was carried out based on 13 level and streamflow measurements carried out during an year, between 2015 and 2016, in a downstream section, about 300 meters from the confluence with the Taquara Stream. The results show that, there is an adequate relation between the water level and the streamflow in the analyzed river section.

Keywords: Key Curve, Hydrometry, Hydrology, Environment monitoring.

Sumário

INTRODUÇÃO	10
JUSTIFICATIVA.....	11
REFERENCIAL TEÓRICO	12
CURVA-CHAVE DE VAZÃO	12
CICLO HIDROLÓGICO E BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	12
BACIA DO PIPIRIPAU	13
MATERIAIS E MÉTODOS	14
ÁREA DE ESTUDO.....	14
Relevo	15
Clima.....	17
Solo	18
Vegetação.....	19
METODOLOGIA	19
Levantamento da Seção Transversal do Ribeirão Pipiripau.....	19
Monitoramento da Vazão na Seção Transversal	20
Monitoramento do Nível do Ribeirão Pipiripau.....	22
Monitoramento da Precipitação Local	23
Curva-Chave	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
Monitoramento da Vazão na Seção Transversal	25
Monitoramento da Precipitação e Nível do Ribeirão Pipiripau.....	25
Curva-Chave do Ribeirão Pipiripau	26
CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	30

INTRODUÇÃO

A distribuição do uso da água por tipo de demanda indica que, na média nacional, o consumo humano (urbano e rural) equivale a menos de um terço do total, enquanto o consumo para atividades produtivas, tanto agropecuárias quanto industriais, responde pelo restante (LEITE et al., 2001).

A curva-chave de vazão representa a relação entre o nível d'água e a vazão que escoar por uma dada seção transversal de um curso d'água. Com ela, tendo-se uma régua ou um sensor automático para o monitoramento sistemático do nível da água em uma seção do rio, gera-se sua série temporal de vazões. Esta relação é função das características geométricas e hidráulicas da seção considerada. Destaca-se que essas características podem ser alteradas com o tempo, principalmente em pequenos cursos d'água, uma vez que uma cheia ou a simples queda de uma árvore pode alterar significativamente a seção e, por consequência, sua curva-chave de vazão.

Uma bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água proveniente das precipitações e do lençol freático, fazendo convergir o escoamento dos recursos hídricos para o exutório. A vazão de um curso d'água depende dos processos de uso e ocupação que ocorrem na sua bacia e depende também das ações tomadas nas proximidades do curso d'água. Localizada no Distrito Federal e no estado de Goiás, a bacia hidrográfica do Ribeirão Pípiripau apresenta uma área de drenagem de 235 km². A maior parte da bacia encontra-se no Distrito Federal (90,3%), entretanto é no estado de Goiás que se situam as principais nascentes (ADASA, 2011).

Na bacia do Ribeirão Pípiripau se concentram diversas atividades de interesse da sociedade, tais como: produção de grãos, frutas, lazer, proteção ambiental e a captação de água para o abastecimento de Planaltina e Sobradinho no Distrito Federal (cerca de 300.000 habitantes), porém a disponibilidade dos recursos hídricos nem sempre atende todas as demandas, isso acaba por gerar frequentes conflitos pelo uso da água. A escassez hídrica no Distrito Federal decorre da combinação entre o crescimento das demandas localizadas, a degradação da qualidade da água (como exemplo, os processos erosivos, e o constante lançamento de defensivos agrícolas) e ao grande período de estiagem que se passa no Centro-Oeste entre os meses de maio a outubro.

O objetivo deste trabalho foi definir a curva-chave de vazão em uma dada seção do Ribeirão Pípiripau à jusante da confluência com o Córrego Taquara, localizado no Núcleo Rural Taquara, Planaltina – DF.

JUSTIFICATIVA

No Distrito Federal, as populações das Regiões Administrativas de Sobradinho e Planaltina são abastecidas pelo sistema integrado Sobradinho/Planaltina, onde parte dos recursos hídricos que serve esse sistema tem o Ribeirão Pípiripau como manancial de captação. Este corpo d'água também é usado nas atividades agropecuárias, principalmente no período de estiagem. As áreas agrícolas desta bacia hidrográfica ocupam cerca de 70% de sua área total, logo é perceptível a importância dessa rede de drenagem natural para o abastecimento humano e desenvolvimento socioeconômico local. (ANA 2014).

Este local é importante para os estudos hidrológicos na bacia, já que uma parte de sua área de drenagem ainda possui vegetação natural preservada, fazendo com que o conhecimento da vazão, da qualidade da água e do fluxo de sedimentos neste ponto seja importante para a adequada gestão dos recursos hídricos na bacia.

REFERENCIAL TEÓRICO

CURVA-CHAVE DE VAZÃO

Em uma seção transversal de um curso d'água, a relação que existe entre a descarga e a altura da lâmina de água é uma função denominada de curva-chave. Esta relação é usada para transformar a cota de nível do rio em vazão. Ela é necessária visto que a medição de vazão é um processo lento e trabalhoso onde a medição da cota de nível pode ser obtida pela leitura de uma régua ou através do uso de sensores de nível (PAIVA, 2003).

A curva-chave serve para a geração de uma série de vazões que podem ser diárias, mensais, anuais, conforme for o objetivo do trabalho. A extrapolação da curva-chave é necessária quando há valores de cota máxima diária observada maior que a maior cota registrada nas medições de vazões, em caso da extrapolação superior. A necessidade de extrapolação é indispensável nas estações fluviométricas, principalmente na parte superior da curva, devido à dificuldade de se ter um número suficiente de equipes a postos para efetuar medições de vazão nos momentos de cheia dos rios, ou quando isso acontecer, pode haver a impossibilidade de realizar a medição devido aos grandes riscos, em função das altas velocidades das águas (Tucci e Silveira, 1985).

CICLO HIDROLÓGICO E BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo Filho e Bondarovsky (2000), a água se dispõe da seguinte maneira: 97% é água salgada que está principalmente nos oceanos e apenas 3% está disponível como água doce, sendo que 2% se encontram nas geleiras e apenas 1% está disponível em rios e atmosfera.

Cabe destacar que este recurso natural passa por um ciclo denominado ciclo hidrológico. Este fenômeno pode ocorrer em dois sentidos: superfície-atmosfera, sob a forma de vapor, sendo esse considerado o principal elemento responsável pela contínua circulação de água no globo; e atmosfera-superfície, com a água retornando a superfície nas fases líquida e sólida, por meio de precipitações (TUCCI, 2009).

Uma maneira de compreender os fenômenos envolvidos no ciclo hidrológico e a sua ocasionalidade é conhecendo as bacias hidrográficas. Tucci (2009) define bacias hidrográficas como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório.

Prioste (2007) complementa que uma bacia hidrográfica recolhe a precipitação e age como um reservatório de água e sedimentos, defluindo-os para uma única seção fluvial, a qual

se denomina exutório. Esse autor também deixa claro que as bacias hidrográficas são limitadas por divisores topográficos ou divisores de água, os quais se tratam das cristas de elevações no terreno que separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes.

BACIA DO PIPIRIPAU

O maior fator de poluição e degradação da qualidade dos recursos hídricos da bacia do Pípiripau é o elevado grau de erosão e sedimentação observado na área de drenagem da mesma. Logo o Ribeirão Pípiripau acaba deixando a desejar quanto a qualidade de seus recursos hídricos, apresentando a segunda pior qualidade de água dentre todos os mananciais explorados para o abastecimento das cidades do DF (CAESB 2009).

A precipitação anual na bacia do Pípiripau, obtida em um pluviômetro em sua região central durante as últimas décadas, é considerada bastante variável. No período entre 1972 e 2004, a precipitação média anual foi de 1.306 mm (CHAVES e PIAU, 2008).

O Ribeirão Pípiripau está inserido na bacia do Rio São Bartolomeu, que é a maior bacia hidrográfica do Distrito Federal e formadora das bacias dos rios Paranaíba e Paraná. Nesta bacia estão situadas partes das Regiões Administrativas de Sobradinho, Planaltina, Paranoá, São Sebastião e Santa Maria (CAESB, 2005).

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado na Bacia do Ribeirão Pípiripau (Figura 1), se localiza na região nordeste do Distrito Federal e está inserida no Bioma Cerrado.

A Bacia abrange os núcleos rurais Taquara, Santos Dumont e Pípiripau fazendo parte da bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu.

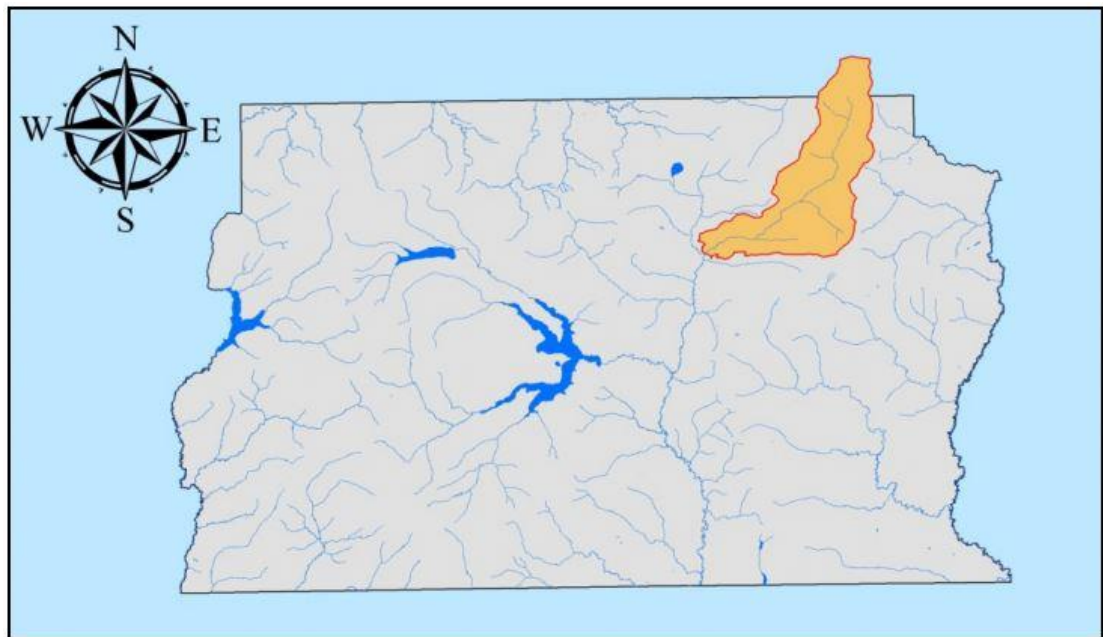


Figura 1 Localização da bacia do Ribeirão Pípiripau em relação aos limites do DF (Fonte: ANA, 2010)

A bacia do Pípiripau possui duas captações importantes de água. A primeira, do canal de irrigação Santos Dumont que possui uma outorga de 350 litros por segundo, e a segunda, da Estação de Captação de Água da CAESB, que possui uma outorga de 400 litros por segundo. Devido aos longos períodos de estiagem e a qualidade da água, muitas vezes imprópria para captação, a estação da CAESB opera com uma captação inferior (ANA, 2010).

Esta bacia possui grande importância para o Distrito Federal, pois além da produção agropecuária, o Ribeirão Pípiripau abastece as regiões administrativas de Planaltina e Sobradinho.

No que se refere às medições de vazão o estudo foi realizado em uma seção do Ribeirão Pípiripau à jusante da confluência com o Córrego Taquara, localizado no Núcleo Rural Taquara, Planaltina – DF (Figuras 2 e 3).



Figura 2 Localização da área de estudo. (Fonte: Google Earth)



Figura 3 Confluência do Ribeirão Pipiripau com o Córrego Taquara. (Fonte: Google Earth)

Relevo

Segundo o IBGE (2001) o relevo do Distrito Federal caracteriza-se por um intervalo altimétrico que varia de 750 a 1.300 metros (Figura 4). Classificado em três unidades geomorfológicas: Região Dissecada de Vales, Área de Dissecação Intermediária e Região de Chapada.

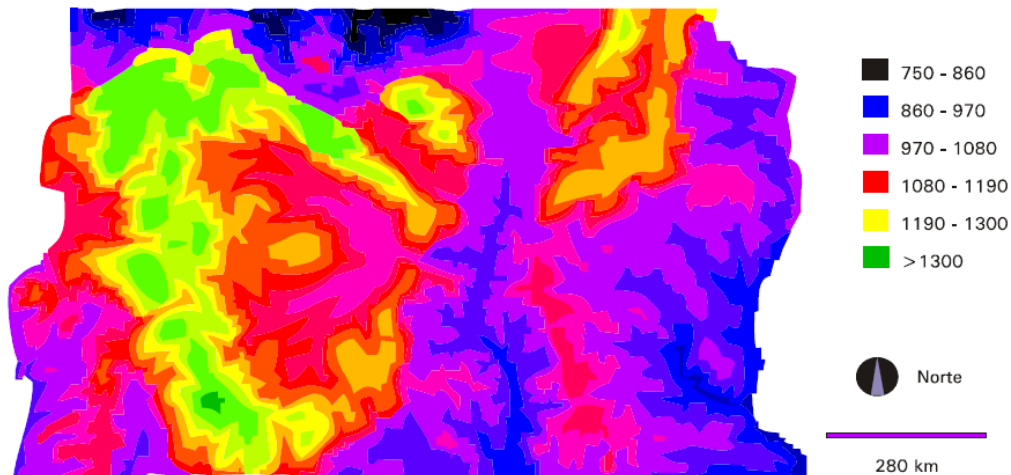


Figura 4 Modelo numérico da geomorfologia do Distrito Federal. (Fonte: IBGE, 2001)

Apesar de os impactos ambientais como erosão dos solos e lixiviação possuírem suas origens com ou sem intervenção antrópica, tem de se considerar que as modificações realizadas pela ação dos seres humanos se constituem em um fator consideravelmente acelerador e de ampla repercussão espacial de impactos sobre os sistemas ambientais.

O Distrito Federal está localizado em uma das partes mais elevadas do Planalto Central, e o relevo da bacia do Ribeirão Pípiripau é predominantemente plano a levemente ondulado, com uma declividade média de 5,5% (Chaves, 2012) como mostra a Figura 5.

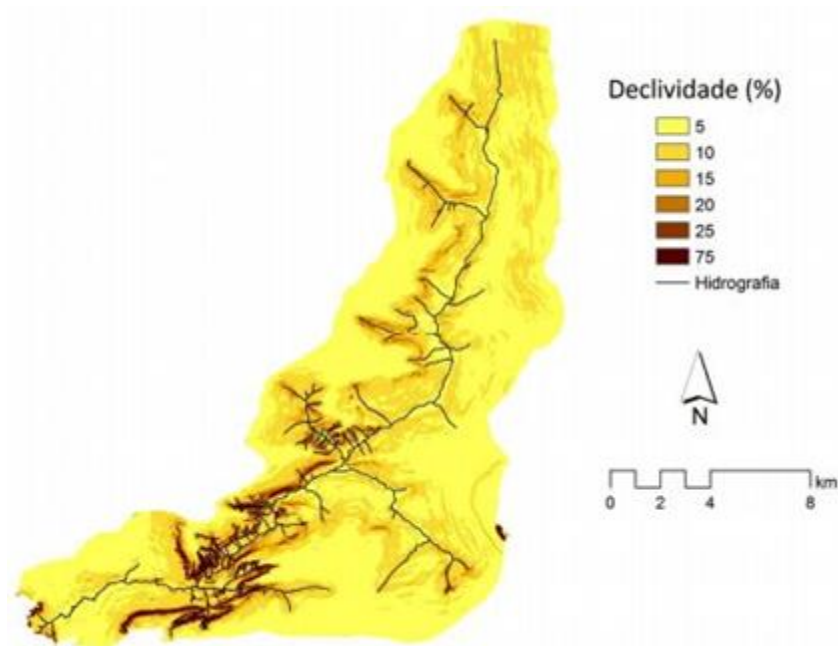


Figura 5 Mapa da declividade (%) da bacia do Ribeirão Pípiripau. (Fonte: Chaves, 2012)

Clima

O clima é o principal agente modificador das paisagens ao longo do tempo no globo terrestre. No que diz respeito a região Centro-Oeste do Brasil, segundo Köppen, o clima é classificado como Aw, um clima tropical chuvoso onde o mês mais frio tem temperatura média superior a 18°C e a precipitação anual é maior que a evapotranspiração anual (Figura 6). A característica mais marcante deste clima é a pluviosidade mal distribuída, sendo que a maior parte das chuvas acontecem no verão.

No que se refere ao clima na região onde foi realizado o trabalho, o mesmo apresenta baixa umidade e é considerado bastante seco durante boa parte do ano, influenciando diretamente toda área de drenagem da bacia do Pípiripau.

Na bacia do Pípiripau o período de maior pluviosidade vai de outubro a março, quando ocorre cerca de 85% da precipitação anual (CAESB, 2001).

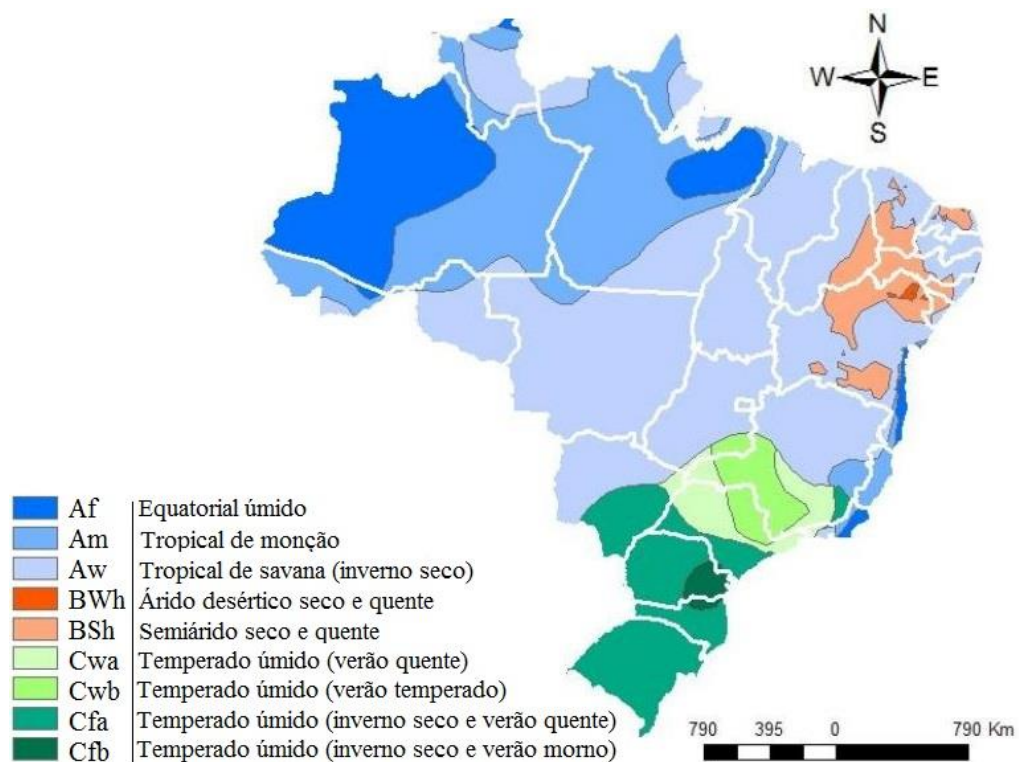


Figura 6 Mapa de classificação climática de Köppen-Geiger para o Brasil.

A Precipitação anual, na bacia do Pípiripau, gira em torno de 1306 mm (CHAVES; PIAU, 2008), tendo déficit hídrico durante os meses de maio a setembro e superávit no período de outubro a abril, com eventos atípicos causadores de veranicos em janeiro.

Solo

De acordo com a CAESB (2001), no geral, os solos ocorrentes na bacia do Ribeirão Pipiripau são os latossolos e cambissolos. Esses solos do Cerrado em geral são profundos, porosos, permeáveis e bem drenados, por isso, intensamente lixiviados.

O uso do solo na bacia é essencialmente agrícola, principalmente com culturas de soja, milho e hortaliças, seguido pelas pastagens. Enquanto a vegetação nativa representa apenas 31,96% do total, os usos antrópicos do solo representam 68,04% da área da bacia, e são em grande parte responsáveis pelo assoreamento do Ribeirão Pipiripau, já que raramente as práticas conservacionistas são adotadas em suas propriedades. (Tabela 1 e Figura 7).

Tabela 1 Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Pipiripau. (Fonte: Adaptado de TNC, 2009).

TIPO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	ÁREA (%)
Agricultura Extensiva	43,27
Pastagem	21,46
Cerrado	10,68
Vegetação Alterada	6,56
Cultura Irrigada	4,57
Mata	4,16
Campo	3,54
Sede e Edificações	1,56
Vias não Pavimentadas	1,5
Áreas Urbanas	1,19
Reflorestamento	0,57
Solo Exposto	0,48
Vias Pavimentadas	0,29
Corpos D'água	0,13

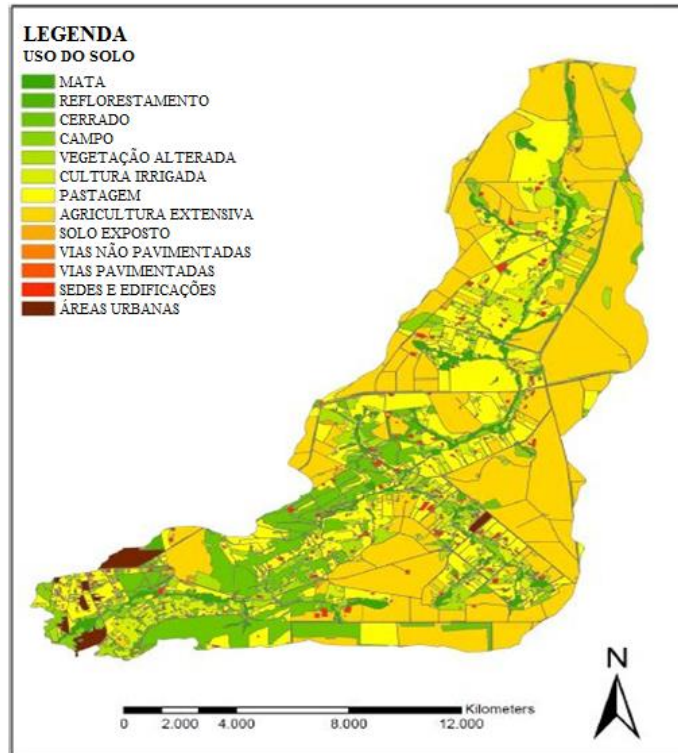


Figura 7 Mapa de uso do solo da bacia do Ribeirão Pipuripau (Fonte: TNC, 2009).

O solo da bacia do Pipuripau, devido a diversos fatores, acaba sofrendo um processo de erosão acelerada durante o período chuvoso. O sedimento gerado nas fazendas é levado pelas enxurradas, chegando ao Ribeirão Pipuripau.

Vegetação

Além da baixa utilização de práticas de conservação de solo, outro fator que contribui para a contínua degradação dos recursos hídricos da bacia é a supressão de áreas de vegetação nativa. No leito do Ribeirão Pipuripau, cabe destacar a importância das áreas de preservação permanente, já que degradadas, as matas ciliares não têm a mesma capacidade de amortecimento de enxurradas e um volume, considerável, de sedimentos acaba chegando ao corpo hídrico.

METODOLOGIA

Levantamento da Seção Transversal do Ribeirão Pipuripau

O levantamento da seção transversal consiste na escolha de um local apropriado para que sejam realizadas as medições de vazão (Figura 8).



Figura 8 Levantamento da seção transversal.

O local designado para este trabalho, onde foram realizadas as medições de vazão, foi escolhido entre diversos outros como o mais viável, dentre vários fatores: a proximidade da confluência do Ribeirão Pipiripau com o Córrego Taquara, o fato de estar localizado à montante da captação da Caesb e a facilidade do acesso para que fossem realizadas as diversas medições.

Após a escolha da seção transversal, é realizado um levantamento detalhada do relevo da chamada “seção molhada”, que nesse trabalho, foi realizado em toda a seção transversal do rio em intervalos de 30 centímetros sempre que havia a medição de vazão.

Monitoramento da Vazão na Seção Transversal

A medição de vazão foi realizada de forma indireta, a partir da obtenção da velocidade da água e do nível do Ribeirão. O instrumento utilizado para a medição da velocidade da água, neste trabalho, foi o molinete hidrométrico (Figura 9).

O molinete possui uma hélice a qual converte o movimento de translação do fluxo de água em um movimento de rotação de uma hélice, que com o auxílio de um contador é determinado num intervalo de tempo (neste caso 40 segundos) o número de voltas que a hélice realizou. Após saber o número de voltas da hélice num dado intervalo de tempo, é

determinado a velocidade do fluxo através da equação $V=0,24264239*N+0,0166$ onde N é o número de rotações que da hélice do molinete em 40 segundos.

O método usado para medição de descarga líquida que foi utilizado neste trabalho é conhecido como área-velocidade e consiste na utilização de um molinete hidrométrico para a determinação da velocidade e na representação da seção transversal, segundo um número adequado de verticais que variava de acordo com a largura do curso d'água.



Figura 9 Foto molinete hidrométrico (Fonte: hidromechc).

Para o cálculo da vazão, adotou-se o método da meia-seção. Neste método, supõe-se que a velocidade média em cada vertical representa a velocidade média em uma área retangular parcial. A largura do retângulo é dada pela distância entre o ponto médio da vertical em análise e da vertical anterior e o ponto médio da vertical em análise e da vertical posterior. A altura do retângulo é dada pela distância entre a superfície da água e o fundo na vertical em análise, ou seja, é a própria profundidade medida.

As medições de vazão foram realizadas mensalmente, ou sempre que havia um período atípico de precipitação, entre o período de abril de 2015 a maio de 2016 (Figura 10).



Figura 10 Primeira medição de vazão (maio de 2015), antes de colocar a ponte para facilitar as medições.

Monitoramento do Nível do Ribeirão Pipiripau

Para que fosse possível medir a altura do nível (cota) do Ribeirão Pipiripau de uma maneira simples, instalou-se uma régua vertical na água e observar a mesma de uma maneira regular.

O monitoramento do nível do Ribeirão Pipiripau foi realizado próximo ao local onde foram realizadas as medições de vazão. Onde foi instalada uma régua para se observar as variações do nível da água (Figura 11).



Figura 11 Régua usada para o monitoramento do nível.

Esse monitoramento foi realizado durante todo o período do trabalho, juntamente com as medições de vazão. O monitoramento do nível do Ribeirão foi realizado para que fosse relacionado com a precipitação.

Monitoramento da Precipitação Local

A precipitação local foi obtida através de um pluviômetro instalado na margem do Ribeirão Pípiripau. A análise dessa precipitação é de suma importância para a definição da curva-chave, já que em eventos atípicos, onde precipita uma grande quantidade de água em um curto período de tempo, criam pontos isolados, onde se pode modificar os parâmetros calculados, de modo a obter-se uma nova curva que possa se encaixar melhor na medição dos pontos.

Curva-Chave

Para gerar uma curva-chave representativa foi necessário medir a vazão do Ribeirão Pípiripau em situações de vazões baixas, médias e altas. O estudo foi efetuado com base em 13 medições de nível e vazão realizadas no local da estação entre os anos de 2015 e 2016.

A equação utilizada para descrever a curva-chave foi:

$$Q = a(h-h_0)^b$$

Em que:

a, b e h_0 são parâmetros de ajuste da equação;

h é o nível da água no rio; e

Q é a vazão.

A definição dos parâmetros “a”, “b” e h_0 da equação foi efetuado pelo método dos mínimos quadrados, utilizando a ferramenta solver do Excel.

A curva-chave de uma seção de rio pode se alterar com o tempo, por isso é necessário realizar medições de vazão regulares mesmo após a definição da curva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Monitoramento da Vazão na Seção Transversal

Após a obtenção das profundidades na seção, media-se a quantidade de giros da hélice do molinete em 3 profundidades (20%, 60% e 80%) em cada ponto da seção, para que fosse obtido a velocidade.

Após o monitoramento da vazão na seção transversal, os dados obtidos em campo eram levados para o laboratório, transformando as rotações em velocidade e calculando a área para a obtenção da vazão em litros por segundo, gerando assim, uma série de vazões com o objetivo de gerar a curva-chave do Ribeirão Pipiripau naquela seção.

Monitoramento da Precipitação e Nível do Ribeirão Pipiripau

A obtenção de dados do nível do Ribeirão Pipiripau foi algo de suma importância para definir a curva-chave do mesmo

Os dados obtidos comprovam a direta relação do nível do curso d'água com a precipitação, como pode ser observado na Tabela 2 e Figura 12.

Tabela 2 Precipitação obtida através do pluviômetro instalado e nível do Ribeirão Pipiripau.

mês/ano	nível rio (cm)	precipitação (mm)
abr/15	38	150,2
mai/15	34	16,4
jun/15	33	7,4
jul/15	31	11
ago/15	24	3,6
set/15	16	3
out/15	8	79,4
nov/15	19	128,8
dez/15	22	175,8
jan/16	41	365,7
fev/16	43	98,2
mar/16	45	121,9
abr/16	37	6,4

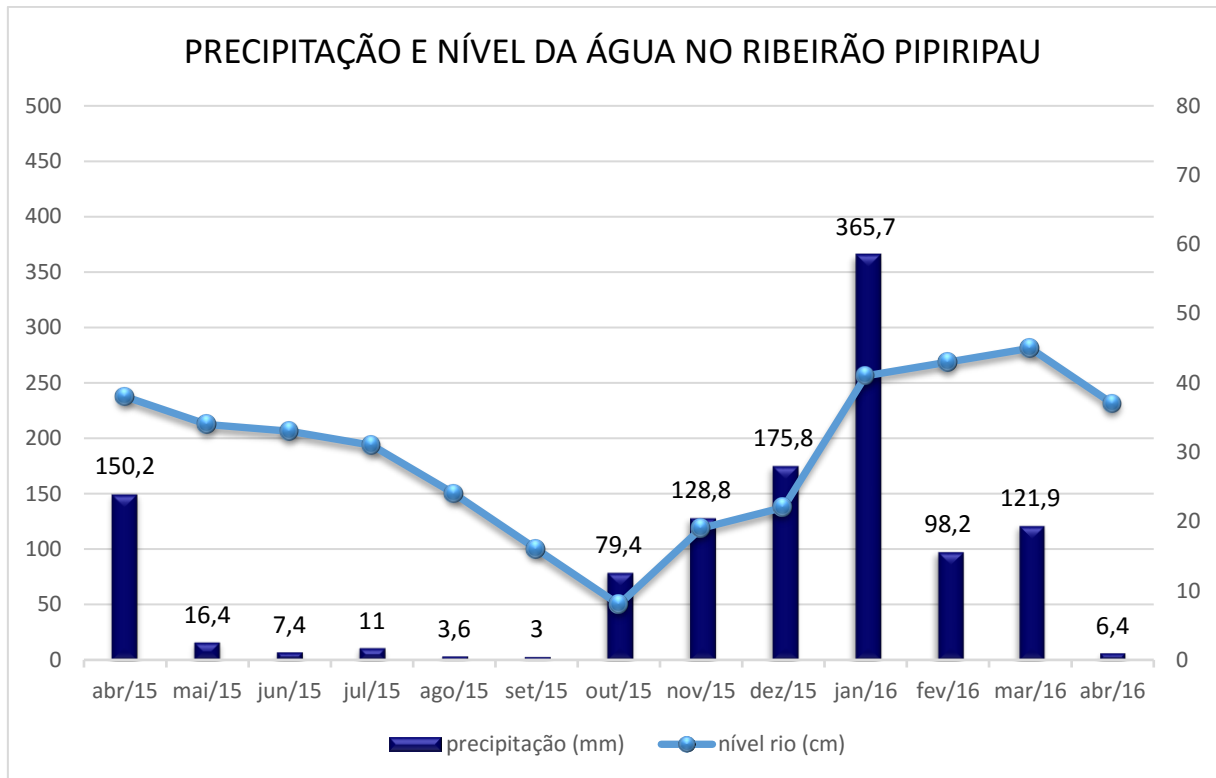


Figura 12 Precipitação e nível do Ribeirão Pipiripau.

O monitoramento do nível do Ribeirão Pipiripau foi analisado através da régua instalada no local de trabalho, semanalmente e sempre que havia um período intenso de precipitação, durante um ano.

Os dados obtidos, durante 1 ano, através do pluviômetro instalado próximo ao local de trabalho mostram um período de seca bastante definido, entre os meses de maio a setembro. Como pode ser visto na figura acima, durante esse período de seca o Ribeirão Pipiripau chega a reduzir seu nível de água para 1/5 do nível do mesmo durante o período chuvoso.

Curva-Chave do Ribeirão Pipiripau

Na Figura 13 são apresentados os 13 dados de nível da água e da vazão medidos na dada seção do Ribeirão Pipiripau, entre os meses de maio de 2015 a abril de 2016.

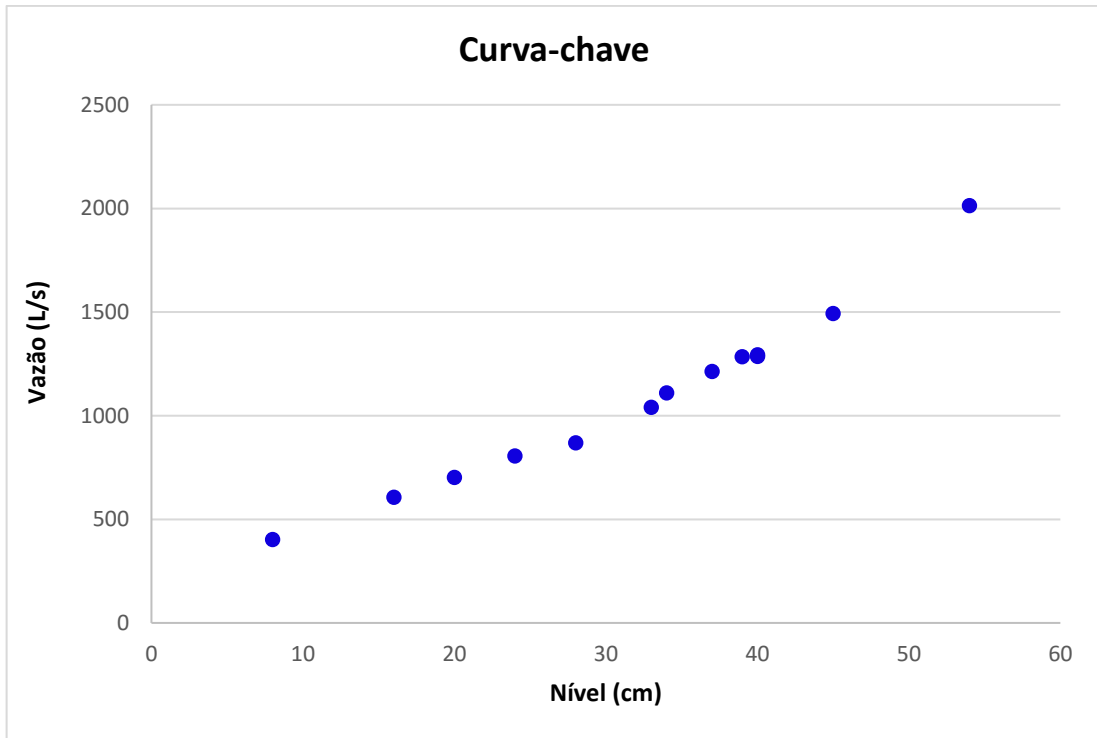


Figura 13 Dados de nível e vazão na dada seção do Ribeirão Pipiripau (maio/2015 a abril/2016).

Como se observa na Figura 13, os dados indicam que é possível de apresentar a relação entre o nível do curso d'água e a vazão pela curva-chave obtida. Porém esses resultados podem mudar com alterações no ambiente, devido a diversos fatores, estes podem acontecer pela mudança na seção de medição, em geral, provocada por processos de erosão, assoreamento e sedimentação nas margens do curso d'água.

Como pôde ser visto, na Figura 13 há um ponto mais isolado acima dos outros, esse dado foi obtido logo após uma chuva intensa durante a tarde do dia 22 de janeiro de 2016. Esse ponto é muito importante para a definição da curva-chave, visto que mostra que para uma cota de 54 centímetros, a vazão é de aproximadamente 2000 litros por segundo naquela seção.

Na Figura 14 é apresentada a curva-chave de vazão ajustada para o conjunto de dados.

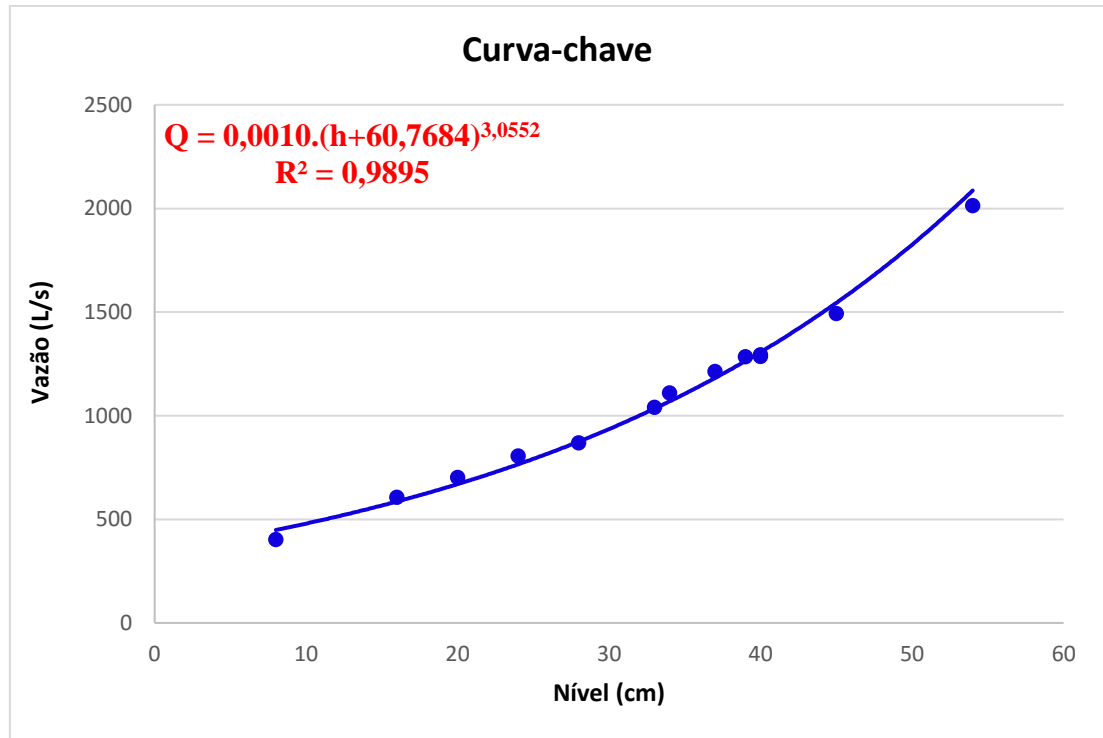


Figura 14 Curva-chave na dada seção do Ribeirão Pipiripau (maio/2015 a abril/2016)

Como pôde ser observado, na Figura 14 é apresentada a curva-chave de vazão ajustada para o conjunto de dados obtidos durante o período de medição. A curva-chave de vazão gerada apresenta coeficiente de determinação considerados adequados para a representação da relação nível-vazão no local onde foram obtidos os dados. A equação foi gerada pelo método dos mínimos quadrados ajustada por meio da ferramenta solver do Excel.

É importante medir os níveis do Ribeirão sempre após uma chuva intensa, para obter dados atípicos. Enquanto se mediu vazão entre 8 e 54 centímetros, o nível do Ribeirão Pipiripau variou, ao longo do ano, entre de 6 e 63 centímetros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como resultado uma curva-chave para o período de 1 ano. A curva-chave de vazão na seção definida no Ribeirão Pípiripau se mostrou adequada para representar a relação entre o nível da água e a vazão naquele ponto do Curso d'água.

Porém é normal que ocorram variações na curva-chave de acordo com o tempo. Alterações na geometria da seção ou na declividade do curso d'água, geradas por diversos processos, tais como: erosões ou assoreamento, causam mudanças na velocidade do escoamento e nas relações entre área e profundidade, afetando a relação entre a cota e descarga de água, o que resultaria em diferentes resultados e possíveis novas curvas-chave.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Relatório do Diagnóstico do Ribeirão Pipiripau. Brasília, 2010.

Agência Nacional de Águas (ANA). Sistema de Informações Hidrológicas MANUAL DO USUÁRIO HIDRO1.0. ANA, 2014.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL – ADASA. Boletim de Monitoramento da Bacia do Ribeirão Pipiripau 2011.

BELLISANO, T. B.; PAIVA, J. B. D.. Avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica semi-urbana de Encosta. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 12. 2007.

BICALHO, C. C. Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do rio Descoberto. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. 2006.

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Projeto do Sistema de Abastecimento de Água com Captação no Lago Paranoá. Distrito Federal. Disponível em: . Acesso em: 30 de junho de 2015.

CAESB. Relatório Sobre o Plano de Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau. Brasília, 2009.

CARVALHO, N. O. Medição de descarga líquida com molinete. In: Saneamento. Rio de Janeiro, out./dez., p. 260-266. 1976. GORDON, R. L. Acoustic measurement of river discharge. In: Journal of Hydraulic Engineering. Vol. 115, No. 7, July, p. 925-936. 1989.

CARVALHO, Flávio Hermínio de. Uso do modelo SWAT na estimativa da vazão e da produção de sedimentos em bacia agrícola do Cerrado brasileiro. 2014. 152 f., il. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

CHAVES, H. M. L.; PIAU, L. P. Efeito da variabilidade da precipitação pluvial e do uso e manejo do solo sobre o escoamento superficial e o aporte de sedimento de uma bacia hidrográfica do Distrito Federal, 2008.

CHAVES, H. M. L. Quantificação dos custos e benefícios do “Programa do Produtor de Água”/ANA: I. Teoria. Revista da ABRH, 2001.

CHAVES, H. M. L.; CAMELO, A. P. Calibração e validação da equação universal de perda de solos modificada (MUSLE) utilizando dados hidrossedimentológicos locais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, n. 4, Ago. 2012.

CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. Hidrologia - Ciência e Aplicação, C. E. M. Tucci, ed., Editora da UFRGS / ABRH, Porto Alegre, 2004.

CHOW, V.T., MAIDMENT, D.; MAYS, L. W. Applied Hydrology. McGraw Hill. 1988.

DA SILVA FILHO, Cláudio Marinho. Rotina simplificada para determinação de curva-chave. Águas Subterrâneas, [S.l.], v. 10, n. 1, dez. 1986. ISSN 2179-9784. Disponível em: < <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/11269> >. Acesso em: 15 de Julho de 2016.

FONSECA, M. R. Monitoramento dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Um Desafio. Uma Necessidade. Brasília, Departamento de Geografia – UnB, 2003.

FREITAS-SILVA, F. H. CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: Inventário Hidro geológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. GDF: 1998.

GOEPFERT, A. S. Avaliação do conflito do uso da água e possíveis medidas mitigadoras na bacia do Córrego Cabeça-de-Veados. Brasília, dez. 2000. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal, Boletim Técnico, 2007.

IBGE - Fundação IBGE. Manual técnico de geomorfologia. Coordenadores: Nunes, B. de A; Ribeiro, M.I. de C; Almeida, V.J. de; Natali Filho, T. Série Manuais Técnicos em Geomorfologia n. 5. Fundação IBGE, 2001.

LIMA, W.P. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. USP. Piracicaba. 2008.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, M.C.D.; PARANHOS, R.M.; EMMER, R. Curva-chave de vazões e sedimentos em pequenas bacias hidrográficas. IV Encontro Nacional de Sedimentos. Porto Alegre, ABRH, 2001.

PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.D. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas, Porto Alegre, ABRH, 2003.

Peixoto Filho, A.; Bondarovsky, S. Água, bem econômico e de domínio público. Revista CEJ, América do Norte, 429 12 2000.

PRIOSTE, M. A. O. Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras: Proposta Para Gestão Ambiental Sustentável, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2007.

PORTO, R.; FILHO, K.; SILVA, R. Apostila de hidrologia aplicada. Desenvolvida pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo no departamento de engenharia hidráulica e sanitária, 2001. Disponível em: <http://www.unilasalle.edu.br/canoas/assets/upload/eng_ambiental/medicaodevazaoecurvachave.pdf>. Acessado em 16/08/2016.

RIBEIRO, H. J. Análise da consistência de dados hidrológicos a partir de diferentes modelos digitais de terreno. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: Tucci, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2ª ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH. 2009.

TUCCI, C. E. M. Clima e Recursos Hídricos no Brasil. ABRH, Porto Alegre, RS, 2009.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

TUCCI, C. E. M.: SILVEIRA, R. L. (1985). Análise de consistência de dados fluviométricos. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: Tucci, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. Segunda edição. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001, 2001.