

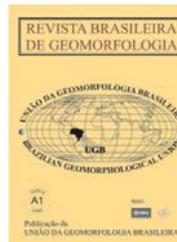


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 16, nº 1 (2015)

NOTA TÉCNICA



USO DE DADOS CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS COMO SUBSÍDIO NA DETERMINAÇÃO DO REGIME DE FLUXO DE CANAIS DE DRENAGEM

CLIMATE DATA USE AND HYDROLOGICAL AS SUBSIDY THE DETERMINATION OF DRAINAGE CHANNELS FLOW REGIME

Jorge Justí Junior

*Programa de Mestrado Interdisciplinar em Organizações e Desenvolvimento, Centro Universitário Franciscano do Paraná
Rua 24 de Maio, 135, Centro, Curitiba, Paraná, CEP: 80230-080, Brasil
Email: jorge@andreoli.eng.br*

Cleverson Vitorio Andreoli

*Companhia de Saneamento do Paraná, Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento
Rua Eng. Rebouças, 1376, Rebouças, Curitiba, Paraná, CEP: 80215-900, Brasil
Email: c.andreoli@sanepar.com.br*

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
16/05/2013
Data de Aprovação:
30/03/2014

Palavras-chave:

Geomorfologia Fluvial; Regime de Fluxo; Balanço Hídrico.

Keywords:

Fluvial Geomorphology; Flow Regime; Water Balance.

Resumo:

O regime de fluxo de canais de drenagem, perene, intermitente ou efêmero, é condicionado, principalmente por aspectos geológicos, pedológicos, geomorfológicos e climatológicos. Existem indicadores hidrológicos e climáticos que permitem inferir o regime de fluxo destes canais. Os indicadores hidrológicos estão relacionados à geomorfologia fluvial, enquanto que os climáticos, ao balanço hídrico do solo, que por sua vez irá subsidiar o melhor período de avaliação em campo, visto que para este tipo de avaliação, a presença de água no canal pode ter origem de um simples evento pluviométrico, inferindo a efemeridade dos canais, bem como por afloramento de água, indicando a perenidade ou intermitência dos rios. O Código Florestal impõe faixas protetoras para os rios perenes e intermitentes, dispensados os canais efêmeros, contudo não apresenta metodologia que permita a distinção entre eles. O objetivo deste artigo é subsidiar a determinação do regime de fluxo de canais, por meio de parâmetros hidrológicos de geomorfologia fluvial e do balanço hídrico do solo, possibilitando definir a melhor época de avaliação de campo, visto que irá condicionar a presença ou ausência de água nos canais, permitindo assim fazer o enquadramento legal diferenciando tais feições. Normalmente estas técnicas são aplicadas a outras finalidades, contudo é possível adaptá-las para a determinação do regime de fluxo. Com a determinação do regime de fluxo de canais será possível delimitar as áreas de preservação permanente, previstas em lei, garantindo a manutenção da qualidade ambiental e a valorização do uso e ocupação do solo.

Abstract:

The flow regime of drainage channels – perennial, intermittent or ephemeral – is conditioned mainly by geological, pedological, geomorphological and climatic factors. There are a number of hydrological and climatic indicators enabling to infer the flow regime of the channels. The hydrologic indicators are related to fluvial geomorphology, and the climatic ones to the soil water balance, which in turn will indicate the best assessment period in the field, since for this type of evaluation, the presence of water in the canal may originate from a single rainfall event, inferring the ephemeral channels, as well as by upwelling of water, indicating the intermittent or perennial rivers. The Forest Code imposes protective areas for perennial and intermittent streams, discarding the ephemeral ones, however, it does not presents a methodology to distinguish among them. The purpose of this article is to help in, by means of hydrological parameters of fluvial geomorphology and soil water balance, the determination of the flow regime of channels and indicate the period of field evaluation. enabling to determine the legal requirements. Usually these techniques are applied to other purposes, however, it is possible to extrapolate them to determine the flow regime. The soil water balance is an important tool, allowing to define the best time of the field assessment, enabling to determine the presence or absence of water in the canals. With the determination of the flow regime of channels it will be possible to define the permanent preservation areas, provided by law, ensuring the maintenance of environmental quality and the appreciation of the use and occupation of land.

1. Introdução

O regime de fluxo de canais de drenagem, classificados como perenes, intermitentes e efêmeros, é condicionado por aspectos geológicos, pedológicos, geomorfológicos e climatológicos. As características da paisagem de uma bacia hidrográfica resultam em diferentes situações no que tange à formação e manutenção dos cursos hídricos ou de simples convergências pluviais do terreno com regime de fluxo efêmero.

Para diagnósticos que necessitam de maior segurança e precisão, a determinação do regime de fluxo deve ser feita sempre que possível com levantamentos de campo, com a perfuração de poços que permitam avaliar o nível do aquífero em relação ao leito do canal, ou mesmo levantamento das condições morfológicas, segundo metodologia específica (Justi Jr, 2013) Dentre os meios empregados para a determinação do regime de fluxo de canais ou convergências do terreno, é possível utilizar dados indiretos, não envolvendo avaliação direta em campo, por meio da combinação de fatores geomorfológicos e climáticos em sua determinação.

Existe uma série de indicadores hidrológicos que permitem caracterizar uma malha hidrográfica, uma bacia hidrográfica e sua situação hídrica. Normalmente tais indicadores são determinados por cálculos baseados em simples informações do relevo, representadas pela planialtimetria e rede hidrográfica, geralmente obtidas em cartas topográficas. De posse destas informações é possível estabelecer parâmetros para as bacias hidrográficas, em vários aspectos, demonstrando que tais

informações podem ser correlacionadas com o regime de fluxo de um canal ou convergência.

Os aspectos climáticos são fundamentais no que se refere ao regime de fluxo dos canais de drenagem, pois permitem a distinção dos canais perenes, intermitentes e convergências ou canais efêmeros do terreno, principalmente considerando sua sazonalidade. Aliado a isso deve-se levar em conta a capacidade do solo em armazenar esta água pluviométrica que posteriormente poderá ser convertida em fluvial, ou que ainda, após a saturação do solo originará o escoamento superficial. Solos com textura arenosa apresentam uma baixa capacidade de retenção de água, porém o fluxo interno é mais rápido, se comparados a solos com textura argilosa. A este comportamento, pode-se, dentre outras denominações, chamar de capacidade de armazenamento.

Os rios representam um dos mais importantes agentes geológicos, participando da esculturação da paisagem e no condicionamento ambiental (SUGUIO e BIGARELLA, 1979). Os cursos d'água podem ter origem tanto pela ação dos processos erosivos associados a linhas de convergência quando pela origem escultural, ou por condicionamento geológico, denominado de origem estrutural, em decorrência de falhas, dobramentos, movimentação de placas ou tectônica. Tais processos acontecem em longos períodos, equivalentes a eras geológicas, sendo que a dinâmica da água é a principal responsável pela modelagem da paisagem. Sendo assim, uma feição que levou eras geológicas para ser formada, em um curto período de tempo, por uma ação humana,

pode ter toda sua dinâmica hidrológica alterada, fato que terá uma série de consequências ambientais a jusante do local impactado.

Segundo Siqueira & Henry-Silva (2011), a deterioração dos ecossistemas aquáticos continentais tornou-se uma preocupação mundial e tem levado pesquisadores e administradores de muitos países a buscar soluções de controle e preservação destes ecossistemas, que compreendem as matas ciliares, definidas como:

“Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.”

O Código Florestal, lei 12.651/2012, em seu artigo quarto, item I, determina a manutenção ou recuperação destas faixas marginais em qualquer curso d'água natural, perene ou intermitente, desde a borda da calha do leito regular, com dimensões definidas de acordo com a largura do curso em questão, ficando dispensados os efêmeros de tal necessidade (BRASIL, 2012a).

Todavia, as normativas relacionadas à proteção dos cursos hídricos não estabelecem uma clara definição de canais efêmeros e também não apresentaram meios e técnicas para a determinação do regime de fluxo dos canais, evidenciando a necessidade de regulamentação complementar. Para rios bem consolidados esta dificuldade não existe, contudo esta diferenciação em canais pouco desenvolvidos está sujeita a diferentes interpretações empíricas, criando desta forma insegurança jurídica em processos de uso e ocupação do solo. De fato, Siqueira & Henry-Silva (2011) afirmam que a compreensão de como os ecossistemas fluviais são regulados é um grande desafio, visto que se tratam de sistemas abertos, onde sua estrutura física sofre diversas alterações em um determinado período.

O objetivo deste artigo é subsidiar a determinação do regime de fluxo de feições hidrogeomorfológicas, como canais e convergências do terreno, por meio de parâmetros hidrológicos de geomorfologia fluvial e climatológicos representados pelo balanço hídrico, permitindo assim seu enquadramento na exigência legal de faixas protetoras em cursos hídricos perenes

e intermitentes, ou ainda dispensando-a no caso das feições efêmeras pluviais. Tal proposta vem suprir uma lacuna existente nos parâmetros legais, referente à ausência de uma definição clara capaz de diferenciar canais efêmeros de rios intermitentes e de técnicas que permitam tal distinção.

2. Técnicas Indiretas de Inferência do Regime de Fluxo e Determinação das Épocas de Avaliação

Conforme Tucci (2002) um dos maiores desafios em hidrologia é de se conhecer adequadamente o comportamento dos processos hidrológicos, cujo entendimento geralmente é qualitativo, o que muitas vezes não permite o gerenciamento dos recursos hídricos de forma ambientalmente sustentada.

O termo rio ou curso d'água pode ser aplicado para uma simples corrente de água canalizada, geralmente se referindo ao tronco principal de uma rede de drenagem (SUGUIO e BIGARELLA, 1979).

Os rios são sistemas complexos, incluindo desde seu talvegue (linha mais baixa de um vale ou espaço geomorfológico de escoamento de água) até suas adjacências, formadas pelas áreas de escape, onde o volume excedente se acumula, formando as várzeas. Sua origem está relacionada à precipitação atmosférica e na surgência da água subterrânea, ou ainda, no derretimento de geleiras (ANDREOLI, 2011).

Cabe afirmar, segundo Siqueira & Henry-Silva (2011), que os ambientes fluviais diferenciam-se de ambientes lênticos por dois aspectos: presença permanente de água corrente em direção à jusante e sua intensa interação com a bacia hidrográfica.

Estes rios ou canais são componentes do ciclo hidrológico, cuja alimentação se dá por águas superficiais ou subterrâneas. O escoamento fluvial se refere, portanto, à quantidade de água que atinge os rios. Somada a ela tem-se ainda a água pluvial, de forma imediata, responsável pelos picos de vazão, e precipitada, quando de baixa intensidade, representada pela infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Este escoamento superficial normalmente tem início após a saturação do solo, ou ainda quando a capacidade de infiltração é superada (SUGUIO e BIGARELLA, 1979; CHRISTOFOLETTI, 1980; FLORENZANO, 2008; TUCCI & SILVEIRA, 2012 e SALBEGO e TUCCI, 2012), dando origem, neste caso, geralmente

aos fluxos com regime efêmero, visto que os perenes e intermitentes são frequentemente condicionados por água do subsolo ou de escoamento de base.

Desta forma, no que se refere ao regime de fluxo de canais ou convergências do terreno, pode-se distinguir três diferentes situações: perenes, intermitentes e efêmeros (VILLELA e MATTOS, 1975; SUGUIO e BIGARELLA, 1979; NC DIVISION OF WATER QUALITY, 2005; MORAIS, PEDRO e ROSADO, 2009 e BRASIL, 2012b).

Os cursos d'água com regime perene apresentam fluxo durante todo o ano, normalmente alimentados por água do lençol freático, ou seja, efluentes. Apresentam uma calha bem definida, com leito abaixo do nível do lençol freático na maior parte do ano, sendo a água subterrânea a principal fonte geradora do fluxo (SUGUIO e BIGARELLA, 1979, IBGE, 2004; NC DIVISION OF WATER QUALITY, 2005; ANDREOLI, 2011; BRASIL, 2012b e MARTELLI, 2012).

Morais, Pedro e Rosado (2009), além de considerar a permanência da corrente de água no canal perene, citam ainda que as comunidades biológicas existentes nesta tipologia de regime de fluxo não toleram a falta de água, mesmo que temporariamente.

Mesmo quando um rio é efluente, ou seja, quando recebe contribuição de água do lençol freático, seu regime de fluxo, seja ele perene ou intermitente, fica condicionado ao clima, tipo de solo, material de origem, relevo e cobertura do solo (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os canais intermitentes são aqueles que contêm água de forma sazonal, geralmente condicionados à situação climática do local em que se insere. Segundo NC Division of Water Quality (2005) são canais normalmente bem definidos, que contêm água apenas em parte do ano, geralmente quando seu leito está abaixo da superfície piezométrica ou do nível superior do lençol freático, sendo seu fluxo fortemente influenciado por águas pluviais.

O regime de fluxo intermitente está diretamente relacionado ao regime pluviométrico da região, onde o fluxo de água tende a desaparecer durante as épocas de seca (VILLELA e MATTOS, 1975; FARIA, 1998; MALTCHIK, 1999; ALVES, 2007; MORAIS, PEDRO e ROSADO, 2009 e BRASIL, 2012b).

O afloramento de água do subsolo neste tipo de canal tende a ocorrer quando o fluxo de água do lençol freático tem seu nível suficientemente alto, acima de seu

leito (SUGUIO e BIGARELLA, 1979). Esta água que circula em certas épocas do ano tem um incremento de águas superficiais, todavia, visto que em parte do ano a água do subsolo está abaixo do leito do canal, normalmente são considerados como cursos influentes, onde a água do canal promove o abastecimento do aquífero (IBGE, 2004).

As convergências do terreno por onde flui a água caracterizando os canais efêmeros são linhas do terreno pouco definidas, que apresentam fluxo de água apenas durante e logo após uma chuva, ou seja, como resposta direta à precipitação, permanecendo secos no restante do ano (VILLELA e MATTOS, 1975; SUGUIO e BIGARELLA, 1979; NC DIVISION OF WATER QUALITY, 2005; MORAIS, PEDRO e ROSADO, 2009 e BRASIL, 2012b).

Estes escoamentos pluviais, sujeitos ao regime das chuvas, podem ter origem de duas formas: a primeira quando o volume de chuva é superior à velocidade de infiltração dos solos; e a segunda, quando há a saturação do solo e o lençol freático encontra-se superficial (FLORENZANO, 2008; CHRISTOFOLETTI, 1980 e TUCCI & SILVEIRA, 2012).

Atendendo ao objetivo do presente artigo, serão adotados dois componentes de inferência de regime de fluxo, o primeiro considerando alguns aspectos da geomorfologia fluvial, e o segundo referente à influência do balanço hídrico climatológico sobre o regime de fluxo de canais ou convergências do terreno. Segundo Tucci (2002) as características de um escoamento superficial mínimo dependem, dentre outros fatores, da topografia e do clima, sendo difícil explicar sua variação por meio de apenas um destes fatores.

2.1. Geomorfologia Fluvial

Para Florenzano (2008) a geomorfologia fluvial é uma das áreas da geomorfologia que estuda as relações entre os processos de erosão e deposição decorrentes do escoamento concentrado em canais fluviais e as formas de relevo resultantes desta dinâmica. Em resumo, estuda os processos que dão origem ao escoamento dos rios.

Christofoletti (1980) contextualiza a análise das bacias hidrográficas pela geomorfologia fluvial, que passou a ter um caráter mais objetivo depois de 1945, com a publicação do Robert E. Horton, que estabeleceu as leis do desenvolvimento dos rios e suas respectivas bacias, fato que originou diversas outras pesquisas nesta

área. Outro pesquisador importante no desenvolvimento deste ramo da geomorfologia foi Arthur N. Strahler e seus colaboradores, que permitiram a expansão desta nova perspectiva.

Desta forma, nota-se, que o principal aspecto a ser considerado na geomorfologia fluvial é a Bacia Hidrográfica, que por sua vez constitui os limites físicos territoriais naturais. A água pluviométrica incidente sobre a mesma pode derivar de forma direta ou indireta. Quando ocorre de forma direta, se dá por meio do escoamento superficial concentrado em canais ou difuso, ao longo da superfície, e indireta quando o fluxo subsuperficial de água, ou seja, a água pluviométrica infiltra no solo, atinge o aquífero superficial e flui horizontalmente até atingir um impedimento, podendo resultar no seu afloramento em nascente ou derivando diretamente para o leito de um curso hídrico, contribuindo para a manutenção de sua vazão.

Rizzi (2012) conceitua este espaço territorial como sendo uma porção geográfica delimitada pelo divisor de água, abrangendo toda a superfície de drenagem de um determinado curso hídrico, resultado da interação entre a água com os recursos naturais inseridos sobre ela. A bacia hidrográfica é o elemento fundamental da análise hidrológica, visto que nela a água pluviométrica drena, evapora, infiltra e armazena, onde uma parcela atinge os canais fluviais, liberada pelo seu exutório. Tucci & Silveira (2012) tratam das bacias como uma superfície, composta por vertentes e uma rede de drenagem, de captação natural da água precipitada, que converge para um único ponto de saída (jusante): o exutório. A água precipitada pode ser considerada como a entrada, enquanto que o resultado da água escoada e suas perdas, representadas pela infiltração, evaporação e transpiração, é a saída deste sistema físico. Sendo assim, segundo Rocha, Santos e Souza Filho (2001) a bacia hidrográfica pode ser considerada como o espaço físico onde a entrada de água se dá pela precipitação e a saída corresponde ao volume escoado pelo exutório.

Geralmente os cálculos aplicados à geomorfologia fluvial são empregados para determinação da suscetibilidades, fragilidades e potencialidades ambientais ou estudos de vazão em bacias hidrográfica. Contudo, é possível fazer adaptações que permitam sua aplicação na inferência do regime de fluxo de rios ou canais, principalmente para a distinção de rios perenes e canais efêmeros.

2.1.1. Parâmetros da Geomorfologia Fluvial Aplicados na Inferência do Regime de Fluxo

Para Florenzano (2008) este ramo da geomorfologia permite determinar os parâmetros para uma caracterização morfológica das bacias hidrográficas, no intuito de analisar seu regime hidrológico por meio de elementos mensuráveis, permitindo a comparação entre diferentes bacias hidrográficas. Porém, este estudo vai além, empregando tais técnicas para inferir o regime de fluxo de canais ou convergências.

Dos aspectos aqui avaliados, alguns são aplicados às bacias hidrográficas e outros diretamente aos canais de drenagem. Dos elementos considerados, a forma, densidade de drenagem, densidade de rios, extensão do percurso superficial e coeficiente de manutenção são aplicados a bacia hidrográfica, enquanto que a hierarquia fluvial e o coeficiente de sinuosidade.

2.1.1.1. Hierarquia Fluvial

Segundo Christofolletti (1980) a hierarquia fluvial permite estabelecer uma classificação de um determinado curso d'água em comparação com o conjunto total da bacia hidrográfica. Usualmente podem ser aplicadas duas técnicas: a definida por Horton, onde canais de primeira ordem não apresentam tributários, os de segunda ordem correspondem a confluência de dois canais de primeira, os de terceira dois canais de segunda e assim sucessivamente, sendo que o canal principal apresentará a mesma ordem, desde sua nascente até a jusante. Já a técnica de Strahler, se diferencia da primeira ao considerar que o canal principal apresenta hierarquia condicionada pela confluência de canais de ordem inferior, não tendo a mesma ordem desde sua montante até sua jusante.

Florenzano (2008) define a hierarquia fluvial como sendo uma classificação de cursos d'água, considerando os sistemas de Horton ou Strahler, onde uma bacia hidrografia de primeira ordem corresponde à cabeceira do sistema de drenagem.

A relação entre a hierarquia fluvial e o regime de fluxo de um canal de drenagem é que quanto maior a ordem do canal mais provável que o mesmo seja perene, segundo NC Division of Water Quality (2005).

Como justificativa, canais de primeira ordem tendem a ocorrer em bacias de menores dimensões,

com menor capacidade de produção de água, inferindo assim a efemeridade de canais, enquanto que em canais de ordem superior, a superfície da bacia hidrográfica tende a ser maior; conseqüentemente, será maior a produção de água, permitindo inferir a perenidade ou intermitência do canal. Outro aspecto a se considerar é que possivelmente deverá haver mais de um canal na sua montante, aumentando assim a contribuição de água, seja ela fluvial ou pluvial, nos segmentos posteriores.

A hierarquia fluvial também permite estimar o nível de desenvolvimento ou evolução da paisagem em uma bacia hidrográfica, onde canais de primeira ordem indicam formações mais recentes e canais de ordem igual ou superior a segunda, tendem a ser mais evoluídos. Sobre isto, formações mais antigas da paisagem, neste caso, canais ou convergências do terreno, tendem à perenidade ou intermitência.

2.1.1.2. Coeficiente de Sinuosidade

Corresponde à distância direta da montante até a jusante de um curso hídrico em relação ao comprimento total do talvegue do mesmo curso hídrico (CHRISTOFOLETTI, 1980). Para sua determinação definem-se dois pontos, um a montante e outro a jusante, medindo-se a distância direta entre eles e calculando-se em seguida a distância total do canal de drenagem, considerando seus meandros. A divisão do segundo pelo primeiro fornece o índice de sinuosidade.

Segundo NC Division of Water Quality (2005) a sinuosidade tem relação com o gradiente de inclinação de um determinado canal. Normalmente canais com grande declividade têm coeficientes de sinuosidade baixos; e córregos com pequena amplitude altimétrica geralmente tem uma elevada sinuosidade. Desta forma, canais com regime de fluxo efêmero e intermitente, por não terem um fluxo constante, apresentam-se mais retilíneos, ou seja, menos sinuosos que um canal com fluxo perene. Isto se deve possivelmente ao fluxo mais energético da água com origem pluvial.

O SIN permite inferir a presença de meandro em um canal qualquer. Tais fisionomias, os meandros, normalmente ocorrem em áreas mais planas e baixas da paisagem, onde o fluxo tem uma redução de energia, havendo com isso uma redução nas dimensões do material arrastado, com a deposição daquele considerado mais grosseiro e pesado. Segundo Christofolletti (1980) e Cunha e Guerra (2002) o fluxo com predomínio desse

material de maior granulometria tende a moldar canais mais largos e rasos, com baixo índice de sinuosidade (SIN), enquanto que aqueles materiais mais finos e leves predominam em canais mais estreitos e profundos, com elevado SIN.

A NC Division of Water Quality (2005) propõe quatro classificações relacionadas a sinuosidade (SIN) de um canal:

- Forte – quando a relação é superior a 1,4 e os canais apresentam inúmeras curvas e poucos trechos retilíneos, canais com tendência a ser perenes;
- Moderada – quando a relação está entre 1,2 e 1,4 e os canais apresentam sinuosidade, mas também alguns segmentos retilíneos. A tendência do canal é apresentar perenidade ou intermitência;
- Fraca – quando a relação está entre 1,0 a 1,2, cujos canais têm poucas curvas, e maior número de segmentos retilíneos, este comportamento mais comum em canais intermitentes e efêmeros; e
- Ausente – quando a relação é igual a 1,0, sendo o canal praticamente reto, sem curvas. Em canais retilíneos, o regime de fluxo tende à efemeridade.

2.1.1.3. Forma da Bacia (Ic)

Normalmente a forma de uma bacia hidrográfica é relacionada à sua circularidade. Christofolletti (1980) faz esta relação entre a área de uma bacia hidrográfica com a área de um círculo de mesmo perímetro. Quanto mais próximo da unidade for o índice, mais a bacia se assemelha a uma circunferência (CHRISTOFOLETTI, 1980). Tal determinação pode ser realizada por meio da seguinte equação:

$$I_c = \frac{A}{A_c} \quad (1)$$

onde:

Ic – Índice de circularidade

A – Área da bacia considerada

A_c – Área do círculo com perímetro igual ao da bacia considerada

Tal índice geralmente é aplicado para determinar a suscetibilidade de uma bacia à ocorrência de enchentes (CHRISTOFOLETTI, 1980), já que bacias circulares têm uma maior propensão a ser atingida integralmente por grandes eventos pluviométricos. Bacias alongadas

permitem um escoamento eficaz da água, apresentando uma resposta hidrológica rápida, fato comum em canais efêmeros, que apresentam fluxo de água em resposta direta a eventos pluviométricos.

Com a forma de uma bacia é possível determinar o tempo de concentração, que corresponde ao tempo necessário para que toda a bacia contribua para a saída de água após uma chuva. Quanto maior este tempo, menor será a vazão máxima (VILLELA e MATTOS, 1975). Bacias arredondadas, alargadas ou curtas apresentam um menor tempo de concentração que as alongadas. Desta forma, tendo em vista que canais efêmeros respondem instantaneamente a uma chuva, gerando um escoamento de grande vazão, com um curto tempo de concentração, é possível inferir que bacias arredondadas tenham uma maior ocorrência de canais com este regime de fluxo.

2.1.1.4. Densidade da Drenagem da Bacia (Dd)

Este parâmetro é influenciado diretamente pelo clima e as condições físicas (geologia e pedologia) (CHRISTOFOLETTI, 1980 e LIMA, 2008).

Tal índice pode ser aplicado como um indicador do nível de desenvolvimento de uma determinada bacia, permitindo inferir sua eficiência de drenagem, podendo estar relacionada ao tempo gasto para o escoamento superficial deixar a bacia hidrográfica (LIMA, 2008).

Sua determinação segundo Christofolletti (1980) se dá pela seguinte equação, que relaciona o comprimento total de canais de escoamento com a área da bacia:

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad (2)$$

onde:

Dd – Densidade da Drenagem

Lt– Comprimento total de todos os canais da bacia em questão

A – Área da bacia considerada

Quando a infiltração é lenta, predominando assim o escoamento superficial, há favorecimento na formação de canais, elevando assim a densidade da drenagem. Em contra partida em locais com infiltração rápida o escoamento tende a ser menor, havendo com isso uma menor esculturação de canais, reduzindo consequentemente a densidade da drenagem. Quando a densidade da

drenagem apresenta valores baixos, pode estar associada a regiões de maior infiltração e regime pluviométrico de baixa intensidade (LIMA, 2008).

Sendo assim, bacias de baixa densidade da drenagem indicam possivelmente uma infiltração mais eficiente, cujos canais presentes tendem a apresentar regime de fluxo perene ou intermitente. Ao contrário disso, em bacias de alta densidade de drenagem, a infiltração tende a ser reduzida, prevalecendo o escoamento superficial, bem como a abertura de novos canais em decorrência dos processos erosivos.

Lima (2008) separa a densidade de drenagem nos seguintes intervalos:

- Baixa densidade da drenagem – $<5,0 \text{ Km/Km}^2$ tendem à perenidade;
- Média densidade da drenagem – $5,0$ a $13,5 \text{ Km/Km}^2$ os canais formados tendem a apresentar regime de fluxo perene ou intermitente;
- Alta densidade da drenagem – $13,5$ a $155,5 \text{ Km/Km}^2$, os novos canais formados tendem a ser efêmeros; e
- Muito alta densidade da drenagem – $> 155,5 \text{ Km/Km}^2$ apresentam tendência à formação de canais efêmeros.

2.1.1.5. Densidade de Rios

É a relação entre o número total de canais ou rios e a área da bacia hidrográfica em que se inserem. Pode ser representada pela seguinte equação (CHRISTOFOLETTI, 1980 e TEODORO *et al*, 2007):

$$D_r = \frac{N}{A} \quad (3)$$

onde:

Dr – Densidade de rios

N – Número total de canais na bacia considerada

A – Área da bacia considerada

Esta equação permite comparar a frequência ou quantidade de canais existentes em uma área de tamanho padrão, permitindo demonstrar sua magnitude. Além disso, representa o comportamento hidrográfico de uma determinada área, cujo aspecto fundamental é sua capacidade de gerar novos cursos d'água em uma bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980 e BAR-

ROS e STEINKE, 2009). Normalmente bacias com alta densidade de rios tendem a apresentar maior número de canais efêmeros, em consequência justamente da maior capacidade de novos canais.

Santos e Sobreira (2008), ao estudarem determinadas bacias hidrográficas, afirmaram que altos valores de Densidade de Rios indicam um menor potencial à infiltração, favorecendo escoamentos superficiais. Sendo assim, solos pouco permeáveis e altas densidades indicam uma maior propensão a escoamentos superficiais pluviais.

2.1.1.6. Extensão do Escoamento Superficial

A extensão do percurso superficial é a distância média percorrida pela enxurrada entre o interflúvio e o canal permanente, ou seja, a distância média percorrida pelo escoamento superficial do divisor de águas até o canal de drenagem na bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Segundo Christofolletti (1980) pode ser obtida por meio da seguinte equação:

$$Eps = \frac{1}{2 \times D_d} \quad (4)$$

onde:

Eps – Extensão do percurso superficial

Dd – Densidade da Drenagem

Extensões muito longas favorecem o desenvolvimento de processos erosivos, visto que o escoamento atinge maior velocidade em vertentes longas, implicando num alongamento da incisão ou ainda no aumento de canais efêmeros.

O escoamento superficial tem diversas características dinâmicas que interferem nas qualidades atribuídas aos processos fluviais. Esta dinâmica, no que se refere à geomorfologia, atua sobre os sedimentos em seus mecanismos de deposição e na esculturação da paisagem e do leito (ROCHA, SANTOS e SOUZA FILHO, 2001).

A Extensão do Percurso Superficial (Eps) tem uma resposta inversa ao parâmetro Densidade de Rios (Dr). Valores elevados normalmente estão associados a solos permeáveis, reduzindo assim a contribuição da água pluvial na vazão do canal, visto que prevalece a infiltração (SANTOS e SOBREIRA, 2008). Desta forma, a presença de fluxo de água em canais de maior

extensão tende à perenidade.

2.1.1.7. Coeficiente de Manutenção da Bacia

O coeficiente de manutenção corresponde à área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento (CHRISTOFOLETTI, 1980). Pode ser calculado pela seguinte equação:

$$C_m = \left(\frac{1}{D_d} \right) \times 1.000 \quad (5)$$

onde:

Cm – Coeficiente de manutenção

Dd – Densidade da Drenagem

O Coeficiente de Manutenção tende a apresentar comportamento análogo ao parâmetro Extensão do Percurso Superficial e inverso à Densidade de Drenagem, visto que em terrenos muito dissecados, com grande densidade de rios, a extensão do percurso superficial tende a ser reduzida condicionando menores áreas de contribuição ou manutenção. Pequenas bacias, por outro lado, com terrenos de menor dissecação do relevo, tendem a apresentar uma menor densidade de rios, e conseqüentemente, a distância do percurso superficial será maior implicando numa maior área de manutenção.

Quanto maior for a área necessária para a manutenção de um canal de drenagem maior será sua probabilidade de apresentar regime de fluxo perene, visto que à sua montante haverá uma maior superfície de infiltração se comparada a canais com um menor coeficiente de manutenção.

Schumm apud Santos e Sobreira (2008) afirma que tal parâmetro está associado à capacidade de se manter cursos hídricos perenes. Portanto, quanto maior este coeficiente, maior será a possibilidade de se tratar de um canal com regime de fluxo perene.

2.2. Balanço Hídrico Climatológico

O balanço hídrico não permite a classificação direta do regime de fluxo de um determinado canal ou rio, seja ele perene, intermitente ou efêmero. Esta técnica pode, contudo, ser adotada como uma ferramenta auxiliar para determinar a melhor época de avaliação em campo. Permite também inferir se o fluxo evidenciado em um canal é decorrente do excedente de água no solo

ou de um evento pluviométrico recente, ou ainda, se tem origem do afloramento de água mesmo em épocas de déficit hídrico, tratando-se neste caso, de um curso hídrico efluente, ou seja, o leito do canal está abaixo do nível de água do solo.

O balanço hídrico do solo consiste em uma das maneiras de monitorar ou medir a variação do armazenamento de água do solo. O seu cálculo contabiliza: a quantidade natural armazenada de água no solo, a precipitação (Pp) e a demanda atmosférica, determinada pela evapotranspiração. Para tanto, é necessário estimar a Evapotranspiração Real (ETR) bem como a Deficiência Hídrica, o Excedente Hídrico e a quantidade de água armazenada no solo. O Balanço Hídrico, de modo geral, contabiliza a resultante da diferença entre a precipitação, elemento fornecedor de água, e a evapotranspiração, equivalente à retirada de água do solo.

Segundo Carvalho e Stipp (2004), o balanço hídrico trata-se da contabilização de água no solo em um determinado período, permitindo inferir a quantidade de água que entra e sai deste sistema.

O balanço hídrico foi desenvolvido de modo a permitir, de maneira fácil e rápida, a estimativa da recarga de água no solo por meio do cálculo da distribuição espacial de água ao longo de um determinado período (USGS, 2010).

Para a determinação de condições hídricas, além de informações referentes ao clima, em especial a precipitação e evaporação, deve-se considerar também as perdas de água relacionadas à transpiração das plantas, fenômeno conhecido como evapotranspiração. De posse destes parâmetros climáticos é possível caracterizar os períodos de excesso e déficit de água (sazonalidade), podendo com isso inferir a disponibilidade de água no solo (EMBRAPA, 1998).

Pereira (2005) afirma que o balanço hídrico climatológico permite determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo. Com as informações de Capacidade de Água Disponível no solo, pluviometria e estimativa da evapotranspiração potencial é possível deduzir a evapotranspiração real e se está havendo deficiência ou excedente hídrico, além da quantidade de água retida no solo em cada período considerado.

Para Amorim Neto (1989) o balanço hídrico corresponde a uma técnica eficiente de quantificação do potencial hídrico de uma região, visto que trata da

interação de fatores relacionados ao solo e ao clima.

No contexto de avaliação do regime de fluxo de canais ou convergências efêmeras pluviais, o balanço hídrico permite que se conheça a atual situação do solo no que se refere ao armazenamento de água, indicando as épocas de avaliação de tais canais. Isto se deve ao fato que em períodos de intensa pluviometria, cujo balanço hídrico é positivo, canais perenes e intermitentes podem ser confundidos com efêmeros, já que todos apresentaram fluxo de água. Da mesma forma, em períodos de estiagem, com balanço hídrico negativo, em que o solo encontra-se seco, canais intermitentes e efêmeros podem ser confundidos devido à ausência do fluxo de água.

Tucci & Silveira (2012) indicam em seu trabalho que as variáveis da precipitação (Pp) são as que mais importam em uma análise hidrológica, e, portanto, fundamentais na determinação do balanço hídrico:

- a) altura, expressa em mm ou l/m², indicando o volume que entra na bacia;
- b) intensidade, expressa em mm/h ou cm/h, indicando a velocidade de chegada da água no solo e o risco de superar a capacidade de infiltração dos solos, neste caso provocando a origem do escoamento superficial que produzem as enxurradas e os processos erosivos;
- c) frequência, expressa em anos de recorrência ou de retorno ou período em que volta a se repetir ou superar ao menos uma vez as características de altura e intensidade das precipitações.

O balanço hídrico é calculado por meio da seguinte equação (TUCCI & SILVEIRA, 2012):

$$P_p = I_t + I + E_s + ET \quad (6)$$

onde:

- Pp – Precipitação total em mm ou l/m²;
It – Interceptação em mm ou l/m²;
I – Infiltração em mm ou l/m²;
Es – Escoamento superficial em mm ou l/m²;
ET – Evapotranspiração real em mm ou l/m².

Sendo assim, o ciclo hidrológico possibilita analisar a distribuição da água considerando desde a precipitação, passando pela interceptação, infiltração e evapotranspiração, até a formação do escoamento, que poderá estar relacionado com a formação dos rios (RIZZI, 2012).

A interceptação (I_t) refere-se à quantidade de água precipitada que não chega a atingir o solo, sendo retida pela vegetação e evaporada posteriormente. A interceptação pode ser considerada como a primeira etapa do balanço hidrológico e depende de três variáveis: a característica da chuva, a cobertura do solo e as condições climáticas do período em questão, relacionado à umidade. De modo geral pode ser considerada como a parcela retida pela vegetação e devolvida à atmosfera por meio da evaporação, sem haver uma parcela infiltrada ou escoada superficialmente (TUCCI & SILVEIRA, 2012).

Quando parte do volume de água precipitado não é interceptado, atingindo a superfície e posteriormente sendo incorporado ao solo, tem-se a infiltração (I). Segundo Rizzi (2012) este processo abrange a entrada de água, sua retenção e seu movimento no solo, dependendo das condições superficiais do perfil, sejam elas relacionadas à vegetação ou às propriedades e características do solo, bem como do clima.

Tal processo é fortemente condicionado pelas características do solo, em especial à textura, que determina a proporção das frações de diferentes granulometrias e a quantidade e tipos de poros do solo. Estas características afetam a infiltração de duas formas: solos com materiais mais grosseiros, de maior granulometria, permitem um fluxo mais rápido e eficiente da água no perfil; contudo, apresentam uma baixa capacidade de armazenamento, ao contrário de solos com frações mais finas, como as argilas, que se caracterizam por maior ocorrência de microporos, que condicionam uma lenta velocidade de infiltração, mas uma boa capacidade de armazenamento.

De acordo com Rizzi (2012), a infiltração é um processo chave no comportamento dos solos, visto que determina o escoamento superficial que ocorre quando a taxa de entrada e passagem de água seja inferior à intensidade pluviométrica ou superior à permeabilidade do solo.

O escoamento superficial (E_s) correspondente da fração precipitada que escorre pela superfície, sujeito ao regime das chuvas, pode ocorrer de duas formas: quando o volume precipitado excede a taxa de infiltração do solo ou quando o solo encontra-se saturado, com o aquífero freático superficial (FLORENZANO, 2008; CRISTO-FOLETTI, 1980 e TUCCI & SILVEIRA, 2012).

Esta fração da água precipitada juntamente com o

fluxo subsuperficial de água, representado pelo lençol freático, são incorporados aos rios ou canais superficiais até atingir os mares, ou seja, bacias exorréicas.

Por fim, a evapotranspiração real corresponde à fração evaporada do solo, de lâminas de água somadas à transpiração vegetal, que é um componente fundamental no ciclo hidrológico, visto que repõe a água na forma gasosa, para a atmosfera (TUNDISI e TUNDISI, 2010).

Segundo Carvalho e Stipp (2004), este parâmetro tem extrema importância na determinação do balanço hídrico, representando um processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por meio da evaporação e transpiração das plantas, podendo ser representada pela evapotranspiração potencial e a real. A evapotranspiração potencial corresponde à quantidade máxima de água que pode ser evaporada ou transpirada pelas plantas, que é fortemente influenciada pelas condições climáticas. A evapotranspiração real é a parcela de água que efetivamente foi utilizada pela vegetação.

Existem diversos métodos para o cálculo do balanço hídrico diferenciando-se entre si pelo cálculo da evapotranspiração potencial (ETP). Um dos modelos mais conhecidos foi proposto por Charles Warren Thornthwaite em 1948 e posteriormente, 1955, modificado por John Russ Mather (THORNTHWAITE, C.W. e MATHER, J.R., 1955; THORNTHWAITE, C.W. e MATHER, J.R., 1957) que ficou conhecido como Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather.

Este método de balanço hídrico é uma das várias maneiras de avaliar o armazenamento de água no solo, considerando todos os aspectos elencados acima: precipitação, infiltração, escoamento e evapotranspiração potencial, aliado à capacidade de armazenamento de água pelo solo. Tais parâmetros permitem estimar a evapotranspiração real, a deficiência e o excedente hídrico, e a quantidade armazenada de água no solo (SENTE-LHAS *et al* 1998 e CARVALHO e STIPP, 2004).

Segundo Varejão-Silva (2006), o método desenvolvido por Thornthwaite considerou bases mensais de temperatura e pluviometria, além da capacidade de armazenamento de água do solo, assumindo que o solo é um reservatório e que a água disponível nele atende primeiramente a evapotranspiração, sendo posteriormente incorporada ao solo até a saturação, originando assim o escoamento superficial.

Ainda, conforme citado por Varejão-Silva (2006) tal método foi aperfeiçoado posteriormente por Thorn-

thwaite e Mather, considerando a capacidade de armazenamento do solo variável em decorrência de suas propriedades e características.

Dentre os meios para a determinação do balanço hídrico climatológico existem diversas planilhas eletrônicas disponibilizadas na internet. Considerando o método desenvolvido por Thornthwaite & Mather, destaca-se a planilha elaborada por técnicos do Departamento de Ciências Exatas – Área de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ROLIM, SENTELHAS e BARBIERI, 1998).

Para a alimentação desta planilha são necessários os seguintes dados: intervalo de tempo considerado, normalmente os meses do ano, número de dias para cada intervalo, temperatura média para cada intervalo, soma da precipitação de cada intervalo e a capacidade de armazenamento de água no solo.

Por meio destes dados a planilha determina automaticamente a evapotranspiração potencial e real, além do déficit e excedente hídrico do período total considerado. Gera também gráficos auxiliares que permitem distinguir as épocas ao longo do período considerado aquelas em que haverá deficiência, excedente, retirada ou reposição de água do solo.

Em períodos em que o balanço hídrico demonstre deficiência ou retirada de água do solo, canais que apresentem fluxo de água tem forte propensão à perenidade, ficando os canais ou convergências do terreno secos, classificados como intermitentes ou efêmeros. Em contrapartida nos períodos que o balanço hídrico climatológico se mostrar positivo, ou seja, com a reposição ou excedente, canais ou convergências secas terão forte tendência a serem enquadrados como efêmeros.

A metodologia do Balanço Hídrico Climatológico não permite definir a tipologia de um curso hídrico de forma direta, ou seja, se ele é intermitente, perene ou se trata apenas de um canal ou convergência efêmera pluvial do terreno, no entanto, fornece informações que interpretadas em conjunto com os dados morfológicos da bacia, ou ainda de dados levantados em campo, permite aprimorar a classificação dos canais de drenagem.

Os aspectos a serem investigados em campo, por meio de uma lista de checagem, como forma de aprimorar o resultado do enquadramento das feições hidrogeomorfológicas quanto ao seu regime de fluxo, são distribuídos em 5 diferentes indicadores com seus

respectivos parâmetros: (JUSTI JR., 2013)

- Indicadores Geomorfológicos – continuidade margem/leito, coeficiente de sinuosidade, transporte de sedimentos, alteração abrupta da declividade do canal e hierarquia fluvial;
- Indicadores Hidrológicos – água/fluxo no canal, serrapilheira;
- Indicadores Pedológicos – hidromorfismo;
- Indicadores de Flora – plantas no canal (secas, anfíbias ou aquáticas);
- Indicadores de Fauna – presença de fauna aquática.

Destes parâmetros, a presença de água ou fluxo no canal está diretamente relacionada ao balanço hídrico do solo.

3. Considerações Finais

As técnicas aqui apresentadas costumam ser aplicadas para outras finalidades. As equações relacionadas à geomorfologia fluvial geralmente são utilizadas para a determinação da suscetibilidade de bacias hidrográficas a enchentes, enquanto que o balanço hídrico climatológico é aplicado para projetos agrícolas, em especial relacionados a irrigação e drenagem.

Porém, por meio das equações aplicadas na geomorfologia fluvial é possível extrapolá-las à determinação do regime de fluxo de canais ou convergências do terreno. No entanto, para uma maior precisão, deverá ser combinada a outras técnicas.

O balanço hídrico climatológico serve de apoio à logística de avaliação de campo, permitindo determinar a melhor época, em decorrência da sazonalidade dos eventos climáticos (pluviometria), para se realizar a coleta dos dados, facilitando assim a distinção dos canais. Conforme citado, canais secos em estações de balanço hídrico positivo, possivelmente serão enquadrados como efêmeros, e ao contrário, canais com fluxo de água em períodos de balanço hídrico negativo (estiagem) possivelmente serão perenes.

As propostas de aplicação de equações da geomorfologia fluvial e do balanço hídrico climatológico devem ser apoiadas por levantamentos de campo, que aplicam em sua avaliação na lista de checagem, reduzindo a subjetividade e permitindo uma maior eficácia e segurança técnica no ato de determinar o regime de

fluxo de canais ou convergências do terreno, e, por conseguinte, delimitar ou distinguir o que efetivamente é um curso hídrico de um simples canal ou convergência de escoamento de água pluvial. Dentre os parâmetros da geomorfologia fluvial que podem ser adaptados para a inferência do regime de fluxo destacam-se: hierarquia fluvial do canal, coeficiente de sinuosidade, forma da bacia, densidade da drenagem da bacia, densidade de rios, extensão do escoamento superficial e coeficiente de manutenção da bacia.

Com esta caracterização será possível delimitar as áreas de preservação permanente nas feições em que necessárias, garantindo a manutenção da qualidade do meio ambiente e valorizando o uso e ocupação do solo, permitindo assim a otimização do uso e da preservação ambiental.

4. Referências Bibliográficas

- ALVES, R.R. **Monitoramento dos processos erosivos e da dinâmica hidrológica e de sedimento de uma voçoroca: estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia-MG**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geografia, 2007
- AMORIM NETO, M.S.A. Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955). **Comunicado técnico EMBRAPA**. n.34. p.1-18. 1989
- ANDREOLI, C.V. in CUNHA, C.L.N. *et al*, **Eutrofização em Reservatórios: Gestão Preventiva: Estudo Interdisciplinar na Bacia do Rio Verde**, PR. Ed. UFPR, Curitiba/PR. 2011
- BARROS, L.L. e STEINKE, V.A. Análise morfométrica automatizada para bacia do Rio Maranhão. **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Natal. P.4655-4661. 2009
- BRASIL. **Lei 12.651 de 25 de maio de 2012**. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011.../2012/Lei/L12651.htm Acesso em: 28/05/2012 (a)
- BRASIL. **Resolução CNRH n° 141**, de 10 de julho de 2012. Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=14:resolucoes&catid=16:resolucoes&Itemid=42 Acesso em: 03/10/2012 (b)
- CARVALHO, S.M. e STIPP, N.A.F. **Contribuição ao Estudo do Balanço Hídrico no Estado do Paraná: Uma Proposta de Classificação Qualitativa**. Londrina. 2004
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980
- CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2002
- EMBRAPA, **Caracterização e Mapeamento dos Solos, Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras e Zoneamento Agroecológico do Município de Monte Alegre, Estado do Pará**, Belém/Pará, 120p, 1998
- FARIA, A.P. A importância dos pipes na geração e no comportamento do fluxo em pequenos canais fluviais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Vol. 3 n° 2. Abr/jun. p.5-15, 1998
- FLORENZANO, T.G. **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, 2004.
- JUSTI JR., J. **Interpretações Legais, Ambientais e Proposta Metodológica para Determinação do Regime de Fluxo de Canais de Drenagem nas Bacias Hidrográficas**. Dissertação de Mestrado. 125p. Curitiba-PR. 2013
- LIMA, W.P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. USP. Piracicaba. 2008
- MALTCHIK, L. Ecologia de rios intermitentes tropicais. In: POMPEO, M. L. M. (Ed.). *Perspectivas da Limnologia no Brasil*. São Luis: Gráfica e Editora União, p. 77-89, 1999.
- MARTELLI, G.V. **Monitoramento da flutuação dos níveis de água em aquíferos freáticos para avaliação do potencial de recarga em área de afloramento do sistema Aquífero Guarani em Cacequi-RS**. Dissertação de Mestrado. UFSM, RS. 2012
- MORAIS, M.M., PEDRO, A. e ROSADO, J. Rios temporários: do excesso à escassez. Universidade de Évora. Portugal. 2009
- NC Division of Water Quality. **Identification Methods for the Origins of Intermittent and Perennial streams**, Version 3.1. North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Division of Water Quality. Raleigh, NC. 2005. Disponível em <http://h2o.enr.state.nc.us/ncwetlands/regcert.html>
- PEREIRA, A.R. **Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather**. *Bragantia*. V.64 n.2 p.314-313. Campinas. 2005
- RIZZI, N. E. **Capítulo V: Caracterização Morfológica de Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <http://www.hidrologia.ufpr.br> Acesso em: 08/09/2012
- RIZZI, N. E. **Capítulo XIII: Balanço Hídrico**. Disponível em: <http://www.hidrologia.ufpr.br> Acesso em: 08/09/2012

- ROCHA, P.C., SANTOS, M.L. e SOUZA FILHO, E.E. **Alterações no regime hidrológico do alto Rio Paraná como resposta ao controle de descargas efetuado por grandes barramentos a montante.** Encuentro de Geografos de America Latina, n.8, Santiago-Chile, 2001
- ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, V.6, n.1, p133-137, 1998
- SALBEGO, A.G. e TUCCI, C.E.M. in RIZZI, N.E. **Ciclo Hidrológico.** Disponível em: <http://www.hidrologia.ufpr.br> Acesso em: 08/09/2012
- SANTOS, C.A. e SOBREIRA, F.G. **Análise morfométrica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão do Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG.** R. Esc. Minas. n.61(1) p.77-85. Ouro Preto. 2008
- SENTELHAS, P.C., *et al.* BHRASIL – **Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras.** Piracicaba.1998
- SIQUEIRA, R.M.B. & HENRY-SILVA, G.G. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia.** n°39. ed.2, 2011
- SUGUIO, K. e BIGARELLA, J.J. **Ambiente Fluvial: Ambientes de sedimentação sua interpretação e importância.** Curitiba. 1979
- TEODORO, V.L.I. *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20. p.137-156. 2007
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance.** Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1957. 311p. (Publications in Climatology, vol.X, n.3.
- TUCCI, C.E.M. e SILVEIRA, A.L.L.. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** Porto Alegre, Ed. UFRGS/ABRH. 2012
- TUNDISI, J.G. e TUNDISI, T.M. **Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos.** Biota Neotrop. Vol. 10, n°4, 2010
- U.S. GEOLOGICALSURVEY. SWB – **A modified Thornthwaite-Mater soil-water-balance code for estimating ground water recharge.** Virginia. 2010
- VAREJÃO-SILVA, M.A., **Meteorologia e Climatologia, Versão Digital 2.** Recife, 463p, 2006
- VILLELA,S.M. e MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo, 1975