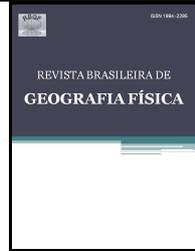




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Análise Temporal do Balanço Hídrico na Bacia do Rio das Pedras, Guarapuava, PR

Márcia Cristina da Cunha¹, Éderson Dias de Oliveira², Edivaldo Lopes Thomaz³,
Leandro Redin Vestena⁴

¹Mestre em Geografia. Professora Colaboradora do Departamento de Geografia. Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO); Email: marcialcunha@yahoo.com.br

²Doutorando em Geografia na Universidade Estadual de Maringá (UEM). Agente Educacional II – SEED/PR; Email: edersonjandaia@hotmail.com

³Doutor em Geografia Física. Professor Adjunto do Departamento de Geografia (Pesquisador CNPq). Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO); Email: thomaz@unicentro.br

⁴Doutor em Engenharia Ambiental. Professor Adjunto do Departamento de Geografia. Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO); Email: lvestena@unicentro.br

Artigo recebido em 23/12/2011 e aceito em 30/12/2011

RESUMO

O conhecimento do balanço hídrico é de suma importância no gerenciamento de recursos hídricos. Neste contexto, o presente estudo avaliou o balanço hídrico na bacia do Rio das Pedras, localizada no município de Guarapuava, região centro-sul do Estado do Paraná. O método utilizado foi o do balanço hídrico simplificado. Os dados utilizados foram de precipitação pluvial e vazão diária do período de 1985 a 2009. Os meses de junho e agosto foram os que apresentaram os menores déficits hídricos, enquanto que janeiro e outubro os maiores. A evapotranspiração real média anual foi de 960,37 mm, o que representou cerca de 51% das precipitações pluviométricas médias anuais. Os elevados valores de evapotranspiração demonstram serem necessários significativos volumes de água para a manutenção ambiental na bacia do Rio das Pedras. A descarga fluvial do período apresentou uma média anual de 919,67 mm e a pluviosidade de 1.880,4 mm. Na bacia do Rio das Pedras os anos que apresentaram maiores pluviosidade e descarga líquida foram os anos sobre influência do fenômeno El Niño.

Palavras-chaves: disponibilidade hídrica, pluviosidade, débito fluvial, evapotranspiração.

Temporal Analysis of the Hydrous Balance of the Pedras River Basin, Guarapuava, PR

ABSTRACT

The hydric balance knowledge is of paramount importance in water resources management. This study evaluated the hydric balance in the Rio das Pedras watershed, which is located in Guarapuava, Parana-Brazil. The simplified water balance method was applied. The data analyses were: daily rainfall and river discharge for the period of 1985 to 2009. June and August were the months that had the lowest water deficit. While, January and October, displayed the highest water deficit. The actual annual average evapotranspiration was 960.37 mm, which is around of 51% of the annual rainfall average. The high evapotranspiration values were significant; and it indicates that high volumes of water are needed for environmental maintenance in the Rio das Pedras watershed. The watershed showed the river annual discharge average of 919.67 mm and rainfall of 1880.40 mm. In the Rio das Pedras watershed the years that had a clear higher precipitation and discharge were correlated to El Niño influences.

Keywords: water availability, rainfall, river discharge, evapotranspiration.

1. Introdução

As discussões atuais sobre a limitação nas reservas de água doce do planeta,

vinculadas a preocupações sobre uma possível escassez futura deste recurso, conduzem obrigatoriamente a uma reflexão sobre a

* E-mail para correspondência: marcialcunha@yahoo.com.br (Cunha, M. C.).

quantidade de recursos hídricos disponíveis em bacias hidrográficas. Destacam-se ainda as questões relacionadas à qualidade das águas, comprometida em escala local, principalmente, por atividades antrópicas que gera dúvidas sobre a efetiva disponibilidade dos recursos hídricos em qualidade (Sperling, 2006).

Relacionado a estas questões Tucci (2000) destaca a funcionalidade do ciclo hidrológico, que se refere a um fenômeno global de circulação da água. Este ciclo está atrelado ao intercâmbio entre as movimentações da água na superfície terrestre e da atmosfera, impulsionado basicamente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre. O ciclo hidrológico é normalmente estudado com maior interesse na fase terrestre, onde o recorte espacial mais utilizado é a bacia hidrográfica.

A dinâmica do ciclo hidrológico nas bacias pode ser mais bem entendida pelo balanço hídrico simplificado ou climatológico. Segundo Vestena e Lange (2008) este é resultado da quantidade de água que entra e sai de certa porção da terra (bacias hidrográficas) em um determinado intervalo de tempo. Os estudos envolvendo o balanço hídrico são empregados em inúmeras atividades, tais como na determinação dos intervalos de irrigação, na previsão da produtividade agrícola, na classificação climática, entre outras várias atividades, envolvendo o manejo e o planejamento dos recursos hídricos.

Thomaz e Vestena (2003) ressaltam que a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico em que a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado, considerando-se como perdas intermediárias os evaporados, transpirados, captados e infiltrados profundamente.

O balanço hídrico é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo, a partir do suprimento de água, via precipitação, da demanda atmosférica e da capacidade de água disponível. Dessa maneira, o método do balanço hídrico simplificado permite a quantificação da evapotranspiração real, da deficiência ou excedente hídrico e do débito fluvial.

O recorte espacial ideal para a quantificação do balanço hídrico é a bacia hidrográfica. A bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre delimitada topograficamente. Ela apresenta canais que drenam materiais sólidos e líquidos em direção a um ponto de saída, numa determinada seção transversal do canal fluvial (exutória) (Silva et. al., 2003). Sua configuração resulta de uma série de elementos (geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos, climáticos, fauna, flora e ocupação antrópica) que se sobrepõem no espaço, constituindo uma dinâmica própria, um sistema natural.

A bacia hidrográfica também foi instituída no Brasil como unidade espacial para a gestão e planejamentos dos recursos

hídricos, pela Lei Federal nº 9.433 de 1997 (Brasil, 1997).

A quantificação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio das Pedras (BHRP) é de extrema importância por ser área de manancial da cidade de Guarapuava. Portanto o planejamento de uso e ocupação do solo é fundamental para o equilíbrio qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos na BHRP. Neste contexto, o presente artigo teve por objetivo estimar e analisar o balanço hídrico da BHRP, município de Guarapuava/PR, região centro-sul do Estado

do Paraná, a partir da quantificação dos processos chuva-vazão, por meio do método do balanço hídrico simplificado.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

A BHRP, com aproximadamente 330 km² de área, localiza-se no município de Guarapuava, no Estado do Paraná, entre as latitudes 25°13'10'' e 25°26'24'' Sul e longitudes 51°13'10'' e 51°28'40'' Oeste (Figura 1).

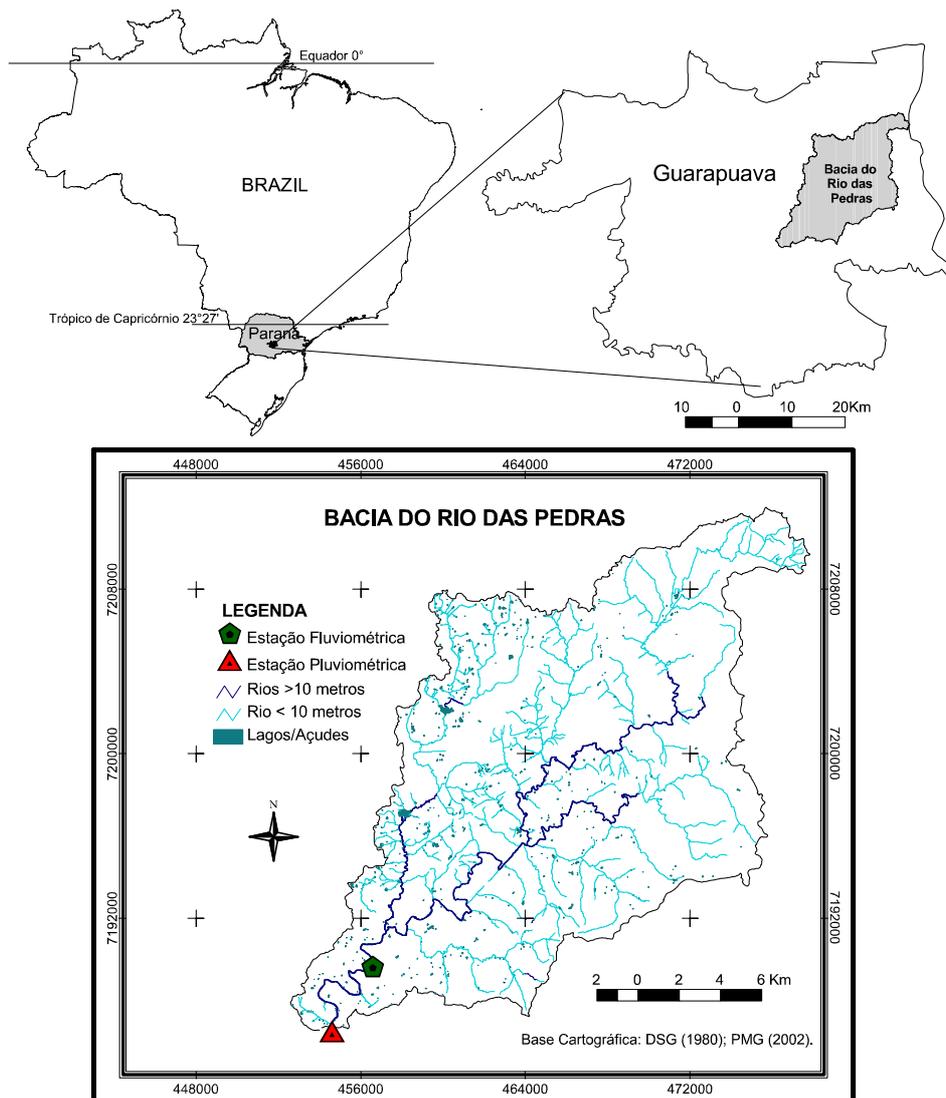


Figura 1. Localização da BHRP

O município de Guarapuava está sob domínio da zona extratropical, o que resulta em temperaturas com caráter mesotérmico, com médias anuais entre 16° e 20°C, inverno frio e verão amenizado pelas altitudes (Thomaz e Vestena, 2003). Na classificação de Köppen o tipo climático é o “Cfb” correspondente ao clima temperado, chuvoso e verões moderadamente quentes (Ayoade, 1998).

O Rio das Pedras é um dos principais formadores do Rio Jordão, que por sua vez é um dos maiores afluentes da margem direita do Rio Iguaçu. A área drenada pela BHRP tem características geológicas predominadas por rochas básicas da Formação Serra Geral. (Lima, 1999). O relevo da BHRP varia de plano a montanhoso, onde predominam os tipos suave ondulado e ondulado (declividades de até 12°) que ocupam aproximadamente 77% da área. Destaca-se que mais de 20% da bacia apresenta relevos de forte ondulado a montanhoso (declividades maiores que 12°), que potencializa significativas energias aos fluxos superficiais (Cunha, 2011).

Os tipos de solos principais que predominam na BHRP são: Latossolo Bruno, Cambissolo, Neossolo (litólico) e Gleissolo (hidromórfico). Em algumas unidades, ocorrem afloramento de rocha, pedregosidade e rochiosidade em grau variado (Vestena e Thomaz, 2006). A vegetação predominante na bacia é a Floresta Ombrófila Mista, porém bastante modificada (composição e

distribuição espacial) em relação aos seus padrões originais. Quanto ao tipo de uso da terra, de modo geral, na BHRP é diversificado, envolvendo atividades associadas à agricultura, a pecuária, a indústria, ao florestamento/reflorestamento. No entanto, quase 80% da bacia é ocupada por matas, pastagens, capoeiras e áreas de florestamento/reflorestamento (Vestena, et al. 2004).

2.2 Procedimentos Metodológicos

O balanço entre as entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de água em uma bacia de drenagem é denominado de balanço hídrico. A bacia pode ser analisada como um sistema físico sujeito a entradas concentradas no tempo (precipitação) que são transformadas em uma saída relativamente distribuída no tempo (escoamento e evapotranspiração). Estas variáveis podem ser medidas com diferentes graus de precisão, sendo o balanço hídrico simplificado um método muito utilizado nas pesquisas ambientais. A equação (1) representa o balanço hídrico simplificado.

$$P = Q + ET \pm \Delta S \quad (1)$$

Onde: P é a precipitação; Q é a vazão; ET é a evapotranspiração; e ΔS é a água armazenada na bacia hidrográfica.

Para Gregory e Walling (1973), Vestena (2002) e Vestena e Lange (2008), a variação do armazenamento total para longos períodos de tempos numa bacia hidrográfica é pequena

podendo ser desconsiderada, pois o balanço hídrico se comporta de maneira cíclica com entradas e saídas no solo com tendência de equilíbrio. Dessa forma, quando se analisa uma longa série de dados de chuvas e descarga líquida a água armazenada no solo pode ser desprezada na equação do balanço hídrico simplificada.

A precipitação pluvial e a descarga líquida são facilmente medidas, diferentemente da evapotranspiração real. A partir da equação (1), e considerando que variação do armazenamento de água na bacia hidrográfica para longos períodos mantém-se constante, pode-se quantificar a evapotranspiração real, por meio da equação (2).

$$ET = P - Q \quad (2)$$

Dessa maneira, utilizando-se dados monitorados de precipitação e vazão diários, o balanço hídrico mensal na BHRP foi obtido.

2.3 Dados utilizados

Os dados de chuva utilizados foram os da estação pluviométrica localizada a 25°27'00" de latitude Sul e 51°27'00" de longitude Oeste, a 950 m de altitude, identificada pelo Código ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) com o número 02551000, monitorada pela ANA (Agência Nacional de Águas) do período compreendido entre janeiro de 1985 a dezembro de 2008, ou seja, de 24 anos. A escolha da referida estação

deu-se considerando a localização da mesma ser próxima da bacia e pela série histórica de dados monitorados.

O presente trabalho adotou o recorte temporal até dezembro de 2009, sendo que neste ano os dados de chuva da referida estação tiveram algumas falhas, motivo pelo qual foram utilizados os dados da estação mais próxima. Dessa maneira em 2009 foram considerado os dados da estação pluviométrica localizada a 25°21'00" de latitude Sul e 51°30'00" de longitude Oeste, a 1.058 m de altitude, identificada pelo Código ANEEL com o número 02551010, monitorada pelo IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná).

Os dados de vazão utilizados foram da estação fluviométrica localizada na ETA (Estação de Tratamento de Água) – Guarapuava, nas coordenadas 25°23'52" de latitude Sul e 51°26'09" de longitude Oeste, a 950 m de altitude, identificada pelo código ANEEL, pelo número 65809000, monitorado pela Agência Nacional de Águas, do período compreendido entre janeiro de 1985 a dezembro de 2009. Os dados foram tabulados, comparados e analisados, por meio de gráficos e tabelas, com o auxílio da planilha eletrônica *Calc.* do software *BrOffice®*.

3. Resultados e Discussão

3.1 Pluviosidade

Na região de Guarapuava as chuvas predominantes são do tipo ciclônicas ou frontais, ocasionadas pela ação da massa polar

atlântica (Thomaz e Vestena, 2003). A pluviosidade é um importante componente do clima. O clima apresenta uma dinâmica complexa, que está condicionado a uma variedade de fatores como a altitude, a continentalidade, a vegetação, a latitude, as massas de ar atuantes na região entre outros fatores.

A precipitação pluviométrica anual na BHRP, entre os anos de 1985 e 2009, teve uma média de 1.893,3 mm, sendo que o evento que apresentou maior volume pluviométrico em um dia foi de 184 mm/24h

em 30 de maio de 1992. Nesse mês a pluviosidade foi de 545 mm e o evento representou aproximadamente 33,7% do total mensal. A Figura 2 mostra as médias anuais da pluviosidade entre 1985 e 2009, sendo que os anos de 1998 (2.520,1 mm) e 2001 (2.400,5 mm) foram os mais chuvosos e os de 1985 (1.261 mm) e 1988 (1.329,7 mm) os mais secos. Cabe destacar também de modo geral um aumento nas médias anuais de pluviosidade no período, que resulta em maior disponibilidade hídrica na bacia.

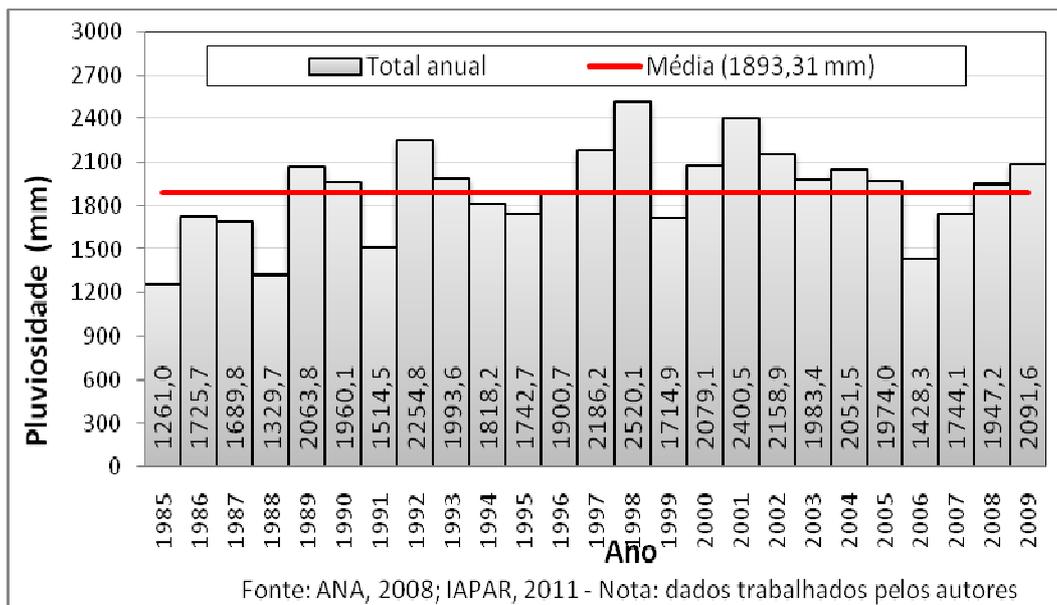


Figura 2. Pluviosidade anual

As variações médias anuais da pluviosidade nesse intervalo (1985 a 2009) foram constantes apresentando anos mais e menos chuvosos. Essas condições climáticas locais estão condicionadas a circulação atmosférica que é influenciada por vários fatores. Na região de Guarapuava cabe destacar a influência dos fenômenos

climáticos El Niño e La Niña que provocam modificações nos padrões climáticos no sul do Brasil.

Azevedo et al. (2005) por meio de estudo na bacia do Rio Iguaçu concluíram que a variabilidade pluvial da área está fortemente vinculada aos fenômenos El Niño (maior pluviosidade) e La Niña (menor

pluviosidade). Os autores concluíram que nos anos da ocorrência de tais fenômenos as anomalias foram mais significativas, destacando-se os períodos de março/1997 a outubro/1998 (positiva); e janeiro a dezembro/1985 e abril a dezembro/1988 (negativa). Contudo, a variabilidade também ocorre em anos considerados normais, constatando que nem sempre está associada a tais fenômenos.

A pluviosidade mensal naBHRP apresentou uma média de 157,8 mm e uma mediana de 159,7 mm. A variação média das chuvas ficou entre 87,6 e 211,8 mm, com destaque para a média mensal de agosto que ficou bem abaixo dos demais meses. Os meses com maiores médias de pluviosidade foram janeiro (208 mm) e outubro (211,8 mm) (Figura 3).

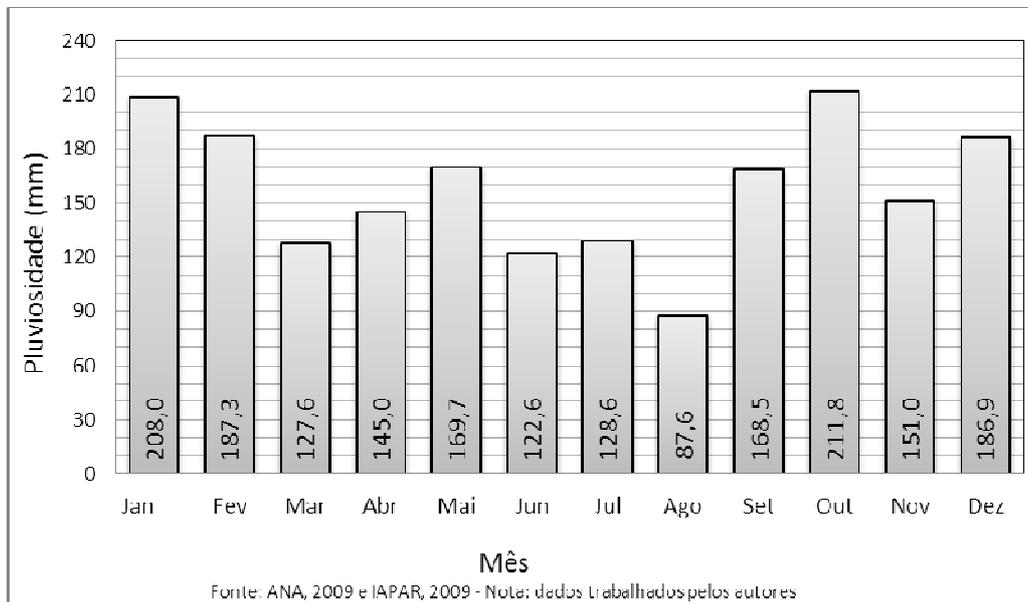


Figura 3. Pluviosidade média mensal

3.2 Deflúvio

A vazão máxima registrada no período analisado foi de 453,9 m³/s no dia 23/04/1998, sendo que a pluviosidade acumulada neste dia com o anterior somou 186 mm, favorecendo essa magnitude significativa de vazão. Com relação à vazão mínima observada, essa foi registrada no dia 30/11/1988 com um débito de 0,26 m³/s, sendo que o total acumulado de precipitação

nesse mês foi de apenas 38,9 mm.

O débito fluvial anual na BHRP, entre os anos de 1985 e 2009, apresentou uma média de 9,12 m³/s e uma mediana de 9,16 m³/s. Na Tabela 1 têm-se a frequência das vazões médias anuais no período analisado. As vazões média anuais entre 8 e 12 m³/s ocorreram em quase 50% (48%) dos anos, sendo a classe bem representativa do regime hidrológico anual na BHRP.

Tabela 1. Frequência das vazões anuais na bacia do Rio das Pedras

| Classe | Fr. | Fr. Relativa | Fr. Acumulada |
|-------------------|----------|--------------|---------------|
| m ³ /s | Absoluta | % | % |
| < 4 | 02 | 08 | 8 |
| 4-8 | 06 | 24 | 32 |
| 8-12 | 12 | 48 | 80 |
| 12-16 | 04 | 16 | 96 |
| > 16 | 01 | 04 | 100 |
| Total | 25 | 100 | 100 |

Os anos de 1998 (17,07 m³/s) e 1992 (13,22 m³/s) foram os que apresentaram as maiores vazões e os de 1985 (3,64 m³/s) e

2006 (4,04 m³/s) os de menores débitos fluviais (Figura 4).

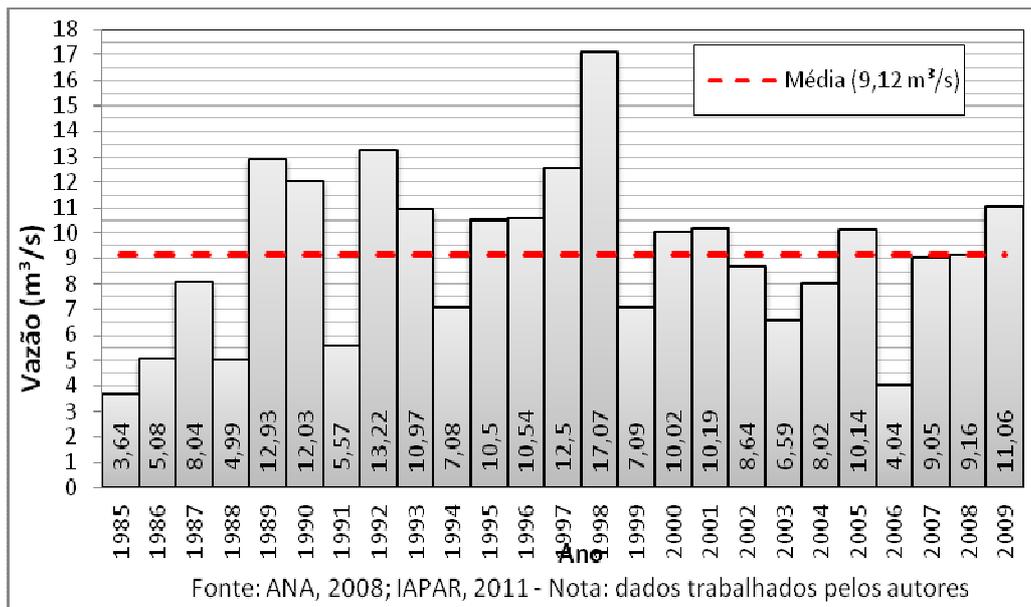


Figura 4. Vazão média anual

A vazão mensal apresentou uma média de 9,1 m³/s e uma mediana de 8,8 m³/s. A variação média das vazões ficou entre 6,4 e 14,6 m³/s, com destaque para a média mensal de agosto que ficou bem abaixo dos demais meses. Com relação à frequência dos débitos

mensais, as séries de vazões de até 8 m³/s abrangeram mais de 59% do total, sendo, portanto a mesma bem representativa do regime hidrológico mensal na BHRP (Tabela 2).

Tabela 2. Frequência das vazões mensais na bacia do Rio das Pedras

| Classe | Fr. | Fr. Relativa | Fr. Acumulada |
|-------------------|----------|--------------|---------------|
| m ³ /s | Absoluta | % | % |
| > 8 | 177 | 59,00 | 59,00 |
| 08-16 | 80 | 26,67 | 85,67 |
| 16-24 | 28 | 9,33 | 95,00 |
| 24-32 | 07 | 2,33 | 97,33 |
| < 32 | 08 | 2,67 | 100,00 |
| Total | 300 | 100,00 | 100,00 |

Os meses com maiores médias de vazão foram maio (11,4 m³/s), e outubro (14,6 m³/s), sendo que, apesar das altas taxas de pluviosidade nos meses de verão, não é nesses meses que ocorrem as maiores vazões, pois grande parte dos recursos hídricos sofre “output” do sistema em decorrência dos altos índices de evapotranspiração nesse período. Com relação aos meses de maio e outubro (outono e primavera, respectivamente) as

baixas taxas de evapotranspiração e a pluviosidade acima da média favoreceram os maiores débitos mensais durante o ano (Figura 5). Já os meses que apresentaram os menores débitos foram agosto (6,4 m³/s) com a menor média de pluviosidade do ano e março (6,8 m³/s), também com baixos índices de pluviosidade e uma taxa de evapotranspiração maior que a vazão.

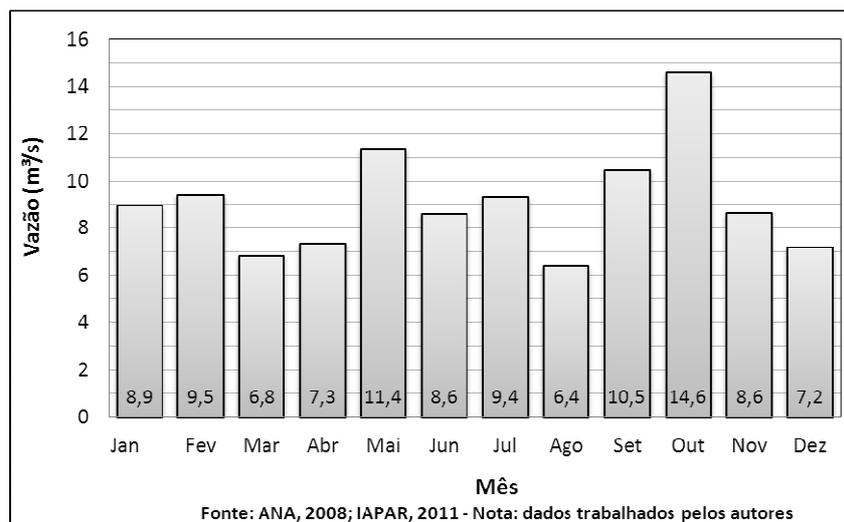


Figura 5. Vazão média mensal

Com base nos dados pluviométricos e fluviométricos foi determinado o desvio padrão das séries (chuva e vazão). O desvio

padrão da pluviosidade foi a que apresentou os maiores valores. As chuvas são influenciadas por vários fatores climáticos

que favorece variabilidades maiores nos seus valores. A alternância angular do eixo da Terra ao longo do ano, os ciclos de El Niño e La Nina, o comportamento das massas atmosféricas e as dinâmicas locais da bacia são alguns dos principais fatores que influenciam na disposição tempo/espacial dos eventos pluviométricos na área de estudo.

Dessa maneira os meses que apresentaram a pluviosidade com os maiores desvios foram os de maio e setembro, enquanto, os de março e agosto os menores. O desvio padrão oscilou entre 53,8 mm e 98,4 mm destacando-se apenas o mês de maio que teve um desvio de 137,3 mm (Figura 6).

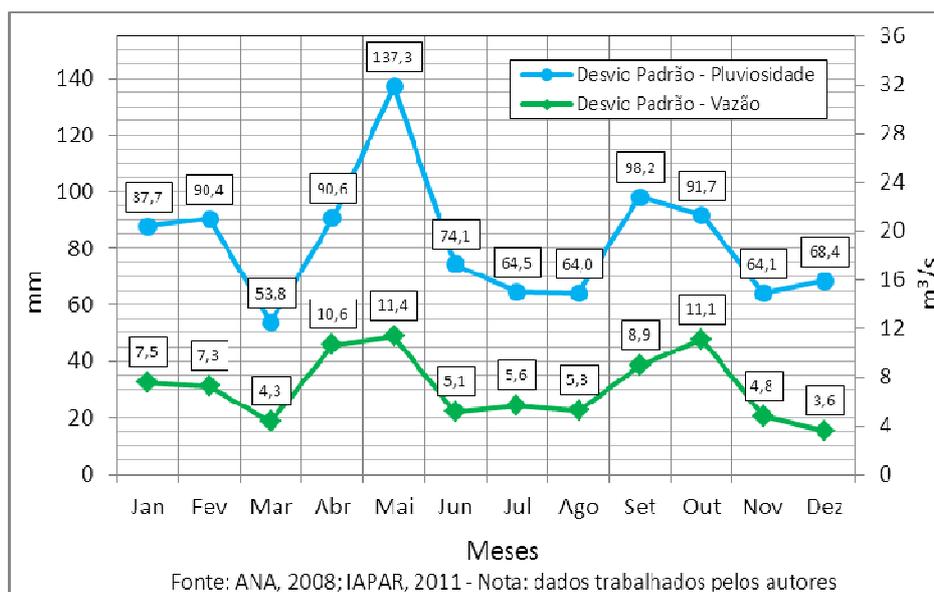


Figura 6. Desvio padrão mensal da pluviosidade e vazão

Os desvios padrões da vazão mensal foram menores se comparado com a pluviosidade. Esses valores demonstram que há maior equilíbrio da variação de vazão na bacia do que a pluviosidade. Dessa maneira, nos períodos de estiagem a vazão mensal média apresenta uma variação oscilando entre 3,6 e 11,4 m³/s, em decorrência do constante suprimento pelas águas subterrâneas ao longo das encostas, permitindo certo equilíbrio nos débitos fluviais ao longo do tempo.

3.3 Balanço hídrico: evapotranspiração

Por meio da contabilidade das entradas

e saídas na bacia de drenagem foram definidas as taxas médias anual/mensal de evapotranspiração real (Figuras 7 e 8). Os dados anuais de vazão e pluviosidade apresentam comportamento semelhante, contrastando com os dados de evapotranspiração. Os valores de evapotranspiração obtidos pelo balanço hídrico simplificado anual apresentam variação anual entre 684,6 mm (1995) e 1373,6 mm (2001), com uma taxa média anual de 960,37 mm e uma mediana de 926,57mm.

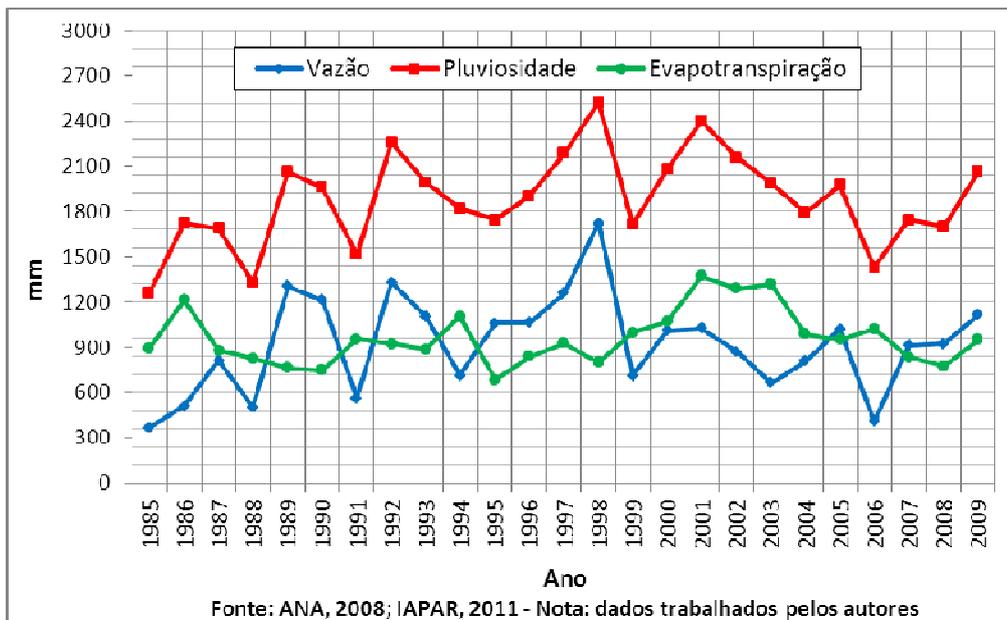


Figura 7. Balanço hídrico anual na BHRP

A Figura 8 apresenta a estimativa do balanço hídrico anual simplificado na BHRP. Pelos dados é possível observar que na média dos 25 anos de análise a evapotranspiração correspondeu a 51,1% das saídas, sendo

ligeiramente maior que a vazão com 48,9%. Portanto, mais da metade dos recursos hídricos disponíveis na bacia são utilizados na transpiração (metabolismo da fauna e da vegetação) e na evaporação.

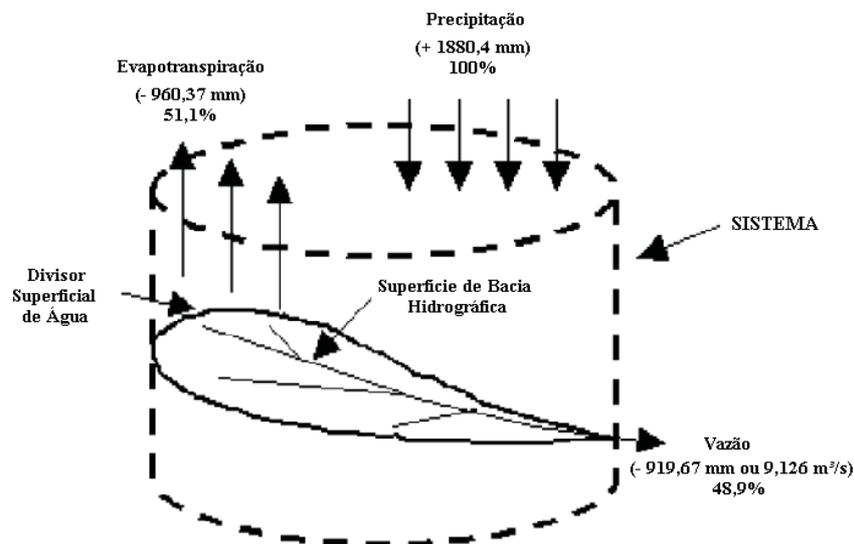


Figura 8. Balanço hídrico anual na BHRP

Vestena e Lange (2008) com base num banco de dados de três anos (2003 a 2006) aplicaram à mesma metodologia a bacia

hidrográfica do Rio Ernesto, município de Pitanga (Paraná), localizado a 90 km da BHRP, determinando um percentual de 46%

para a evapotranspiração e 54% a descarga fluvial.

Thomaz e Vestena (2003) considerando os dados históricos de 1985 a 2000 da Estação Agrometeorológica de Guarapuava-PR, monitorada pelo IAPAR, localizada a 1.020m de altitude determinaram uma pluviosidade média de 1.932 mm, sendo um pouco acima do valor encontrado no presente trabalho, que pode ser decorrente de estar esta em maior altitude e/ou da variabilidade espacial da pluviosidade. Os autores também apontaram um escoamento fluvial anual médio de 9,5

m³/s na BHRP, também um pouco acima do determinado com dados atualizados. Essas pequenas variações estão relacionadas à localização das estações, no entanto, é importante salientar que alterações no tipo de uso da terra também influem nos processos hidrológicos e que estas não foram avaliadas.

Com relação aos resultados do balanço hídrico considerando as médias mensais, o mesmo apresentou tendências de maiores taxas de evapotranspiração nos meses mais quentes, e menores taxas nos meses mais frios (Figura 9).

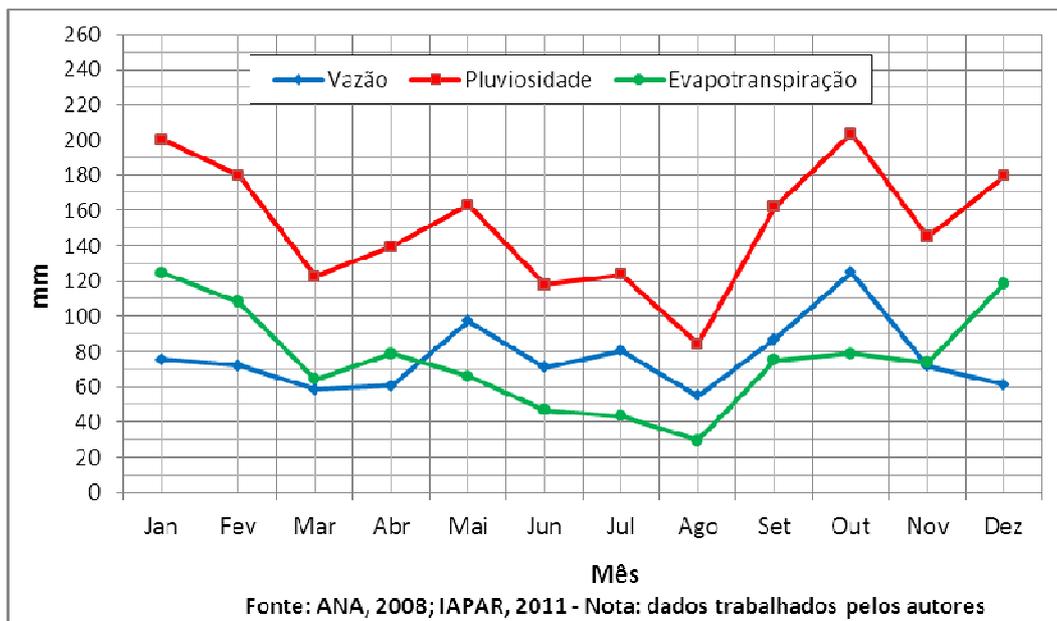


Figura 9. Balanço hídrico mensal médio da BHRP

A Figura 9 mostra a dinâmica temporal mensal do balanço hídrico, onde se destaca os meses de junho, julho e agosto com baixos índices pluviométricos e consequentemente menores disponibilidade hídrica. Esses dados mostram que nesse período a retirada da água na bacia para consumo deve ser feita de

maneira planejada, a fim de evitar problemas na manutenção da flora e fauna fluvial. Por outro lado, pode-se inferir que os meses que apresentam maiores disponibilidades hídricas são os meses de janeiro, fevereiro, outubro e dezembro. A evapotranspiração mensal estimada pelo método do balanço hídrico,

para o período variou entre 29,4 mm em agosto e 124,6 mm em janeiro, com uma média de 75,6 mm e uma mediana de 74,4 mm.

Com relação ao escoamento fluvial anual e mensal, o mesmo “responde” as entradas no sistema (chuvas) de forma diferenciada, apresentando variação na quantidade de vazão. Os dados de chuva e vazão anual apresentam uma correlação positiva com considerável ajuste, com um coeficiente de determinação (r^2) de 0,69, evidenciando uma pequena capacidade regularizadora da bacia, o que se explica pela ausência de grandes lagos e/ou áreas

alagadiças. Ou seja, a descarga líquida média mensal e a pluviosidade média mensal mostram índice de correlação satisfatória, com valor de r igual a 0,83 (Figura 10).

No entanto a relação entre as médias mensais de pluviosidade e vazão apresentam uma correlação positiva moderada, com um coeficiente de determinação (r^2) de 0,33, demonstrando variabilidade na relação chuva versus vazão ao longo dos meses. Essas alternâncias têm relação com a variação da evapotranspiração ao longo do ano, que varia conforme as estações, situação essa que é equilibrada quando se analisa apenas os dados anuais da evapotranspiração.

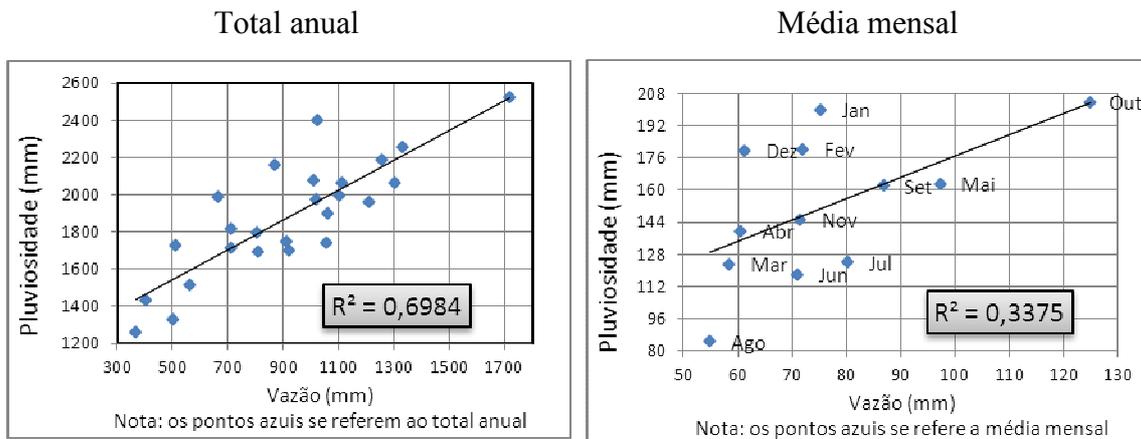


Figura 10. Relação entre pluviosidade e vazão média anual e mensal

O balanço hídrico também é influenciado pelas classes de uso da terra. Na BHRP o uso da terra se apresenta de forma bem diversificada tendo atividades relacionadas à pecuária, agricultura, indústria, entre outras (Tabela 3).

Os valores de evapotranspiração na BHRP podem ser em parte explicados pelo

tipo de uso da terra que favorece altas taxas de transpiração, uma vez que mais de 65% da área da bacia é coberta por vegetação (mata e capoeira), e quase 8% por florestamento/reflorestamento, que são tipos de uso da terra que utilizam água na fotossíntese. Sendo assim embora a bacia possua atividades relacionadas à agricultura,

indústria, mineração, entre outras, a maior parte de uso da terra referem-se a classes que favorecem grandes taxas de evapotranspiração.

Tabela 3. Uso da terra na bacia hidrográfica do Rio das Pedras

| Tipo de uso da terra | Área total da classe (km ²) | Total da classe (%) |
|-----------------------------------|---|---------------------|
| 1. Mata | 157,11 | 47,55 |
| 2. Pastagem | 55,28 | 16,73 |
| 3. Urbana | 1,19 | 0,36 |
| 4. Agricultura Mecanizada | 20,75 | 6,28 |
| 5. Capoeira | 59,31 | 17,95 |
| 6. Área Edificada | 3,83 | 1,16 |
| 7. Água | 1,39 | 0,42 |
| 8. Mineração | 0,03 | 0,01 |
| 9. Áreas Úmidas | 2,15 | 0,65 |
| 10. Agricultura de Subsistência | 3,05 | 0,92 |
| 11. Reflorestamento/Florestamento | 26 | 7,87 |
| 12. Área Industrial | 0,3 | 0,09 |
| 13. Área de Depósito de Lixo | 0,03 | 0,01 |
| Total | 330,42 | 100 |

Fonte: Vestena et. al (2004)

4. Considerações finais

A precipitação pluvial anual na BHRP foi de 1.893,91mm. Os dados pluviométricos mensais apresentaram uma média de 157,88mm. Os índices de pluviosidade estão relacionados aos eventos de El Niño e La Niña.

A descarga líquida fluvial apresentaram uma média anual de 9,12m³/s e uma mensal de 9,1 m³/s. As menores vazões médias mensais foram registradas em agosto (6,4 m³/s) e março (6,8 m³/s) e os maiores débitos em outubro (14,6 m³/s) e maio (11,4 m³/s).

Os dados de chuvas e vazões apresentam desvios, no entanto, a pluviosidade apresentou maior desvio padrão

em razão da aleatoriedade dos fatores meteorológicos que interfere nos valores da precipitação. As vazões apresentaram valores menores de desvio padrão, pois mesmo nos períodos de veranicos há um contínuo suprimento de água do lençol subterrâneo ao longo das encostas, permitindo certo equilíbrio nos débitos fluviais ao longo do tempo.

Pelo balanço hídrico a evapotranspiração real média estimada anualmente foi de 960,37 mm, o que representa cerca de 51,1% das entradas na bacia, sendo ligeiramente maior que a vazão com 919,67mm (48,9%). Portanto, mais da metade dos recursos hídricos disponíveis na

bacia são utilizados na transpiração, especialmente da vegetação e evaporação da água. Ao se considerar a evapotranspiração mensal, se vê claramente a relação dos períodos quentes com maiores taxas de evapotranspiração e os frios com taxas menores, permitindo inferir que o mês que apresentou maior disponibilidade hídrica foi janeiro, e o menor agosto.

Enfim, o método do balanço hídrico simplificado se mostrou válido, à medida que possibilitou a identificação dos períodos com déficits e excedentes hídricos na BHRP. Os resultados e conclusões permitiram um melhor entendimento dos processos e princípios que influenciam o balanço hídrico da BHRP, no entanto é necessário monitoramento quantitativo e qualitativo dos processos chuva-vazão, além da formulação de novos estudos, uma vez que séries temporais mais longas possibilitam análises mais precisas da variação temporal e espacial dos processos hidrológicos.

O conhecimento prévio do balanço hídrico e dos processos hidrológicos proporcionam subsídios que fundamentam a tomada de decisões e ajudam num planejamento de manejo de uso racional dos recursos hídricos, permitindo adequar os fatores socioeconômicos aos ambientais.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela concessão de bolsa de Mestrado aos dois primeiros autores durante a realização do

curso na Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO).

6. Referências

Azevedo, L. C.; Nery, J. T.; Martoni, A. M.; Andrade, A. R.; Ichiba, S. (2005). Análise da precipitação pluvial associada ao fenômeno El-niño na bacia hidrográfica do Rio Iguazu – Paraná, In: Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, USP. p. 1904-1913.

Ayoade, J. O. (1998). Introdução à climatologia para os trópicos. 5.^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 332 p.

Brasil. (1997). Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, 08 jan.

Cunha, M. C. da. (2011). Avaliação das caixas de contenção de sedimento em estradas rurais não pavimentadas na bacia do Rio das Pedras, Guarapuava-PR. 117p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Guarapuava.

Gregory, K. J.; Walling, D. E. (1973). Drainage basin form and process: a geomorphological approach. London: Edward Arnold, 458 p.

- Lima, A. G. (1999). Caracterização geomorfológica preliminar da Bacia do Rio das Pedras, Guarapuava-Pr. Revista GEOGRAFIA, número 2, p. 37-51. Rio Claro-Sp.
- Naime, R. (2010). Balanço hídrico e solos. Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental. Centro Universitário FEEVALE.
- Silva, A. M.; Schulz, H. E.; Camargo, P. B. (2003). Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos: RiMa, p. 320.
- Sperling, E. V. (2006). Afinal, quanta água temos no planeta. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 11 n.4 Out/Dez, 189-199.
- Thomaz, E. L. Vestena, L. R. (2003). Aspectos Climáticos de Guarapuava-PR. Guarapuava: UNICENTRO.
- Tucci, C. E. M. (2000). Água no Meio Urbano. In: Rebouças, A.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (ed.) Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 2 ed. São Paulo: Escrituras Editora Distribuidora de Livros, p. 475-508.
- Vestena, L. R. (2002). Balanço hídrico da bacia do Rio Ribeirão da Onça, no Município de Colombo - PR. 2002. 103f. Dissertação (Mestrado em Geografia) UFPR, Curitiba.
- Vestena, L. R., Bertotti, L. G., Gardim, J. C. (2004). Uso da terra da bacia hidrográfica do Rio das Pedras. In: Mauro Battistelli; Maurício Camargo Filho; BettinaHeerd. (Org.). Proteção e Manejo da Bacia do Rio das Pedras: relato de experiências. Guarapuava: Editora B & D Ltda, v. 1, p. 100-108.
- Vestena, L. R. Lange, G. L. (2008). Balanço hídrico da bacia do Rio Ernesto, Pitanga / PR – Brasil. Revista Terr@Plural, Ponta Grossa, 2 (2): 323-335 , jul./dez.
- Vestena, L. R., Thomaz, E. L. (2006). Avaliação de conflitos entre áreas de preservação permanente associadas aos cursos fluviais e uso da terra na bacia do rio das pedras, Guarapuava-pr. *Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais* V. 2 No 1, p. 73-85.