

## **ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ERNESTO - PITANGA/PR**

**Gerson Lange Filho<sup>1</sup> & Leandro Redin Vestena<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná - UNICENTRO

Rua: Simeão Varela de Sá, 03 – Guarapuava –PR

gersonlange86@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná - UNICENTRO

Rua: Simeão Varela de Sá, 03 – Guarapuava –PR

lvestena@unicentro.br

Recebido 11 de novembro de 2009; aceito 05 de maio de 2010.

**RESUMO** - O presente estudo teve por objetivo analisar a disponibilidade hídrica, por meio da análise da variabilidade pluviométrica e do emprego do método do balanço hídrico climatológico, na bacia hidrográfica do Ernesto, localizada no município de Pitanga, PR. A variabilidade pluviométrica mensal e anual foi avaliada por meio de análise da variabilidade e a disponibilidade hídrica pelo método do balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite e Mather (1955). A tipologia proposta por Monteiro (1971) foi aplicada para a classificação dos anos-padrão, a partir da variabilidade pluviométrica. Os resultados obtidos mostram que além da grande variação mensal de pluviosidade, a variação anual foi mais significativa nos anos de 1998 e 2006. Na análise do balanço hídrico verificou-se que existem períodos de excedente hídrico, bem como de déficit hídrico, estando estes períodos vinculados à regularidade e não à quantidade pluviométrica.

**Palavras-chave:** balanço hídrico, pluviosidade, recursos hídricos, evapotranspiração.

**ABSTRACT** - The present work has as objective to analyze the water availability through the pluviometric variability analysis and the use of the climatological hydric balance method on the Ernesto catchment in Pitanga city – Paraná. The monthly and annual pluviometric variability was estimated through the analysis of the water variability

and availability by the use of the climatological hydric balance method proposed by Thornthwaite and Mather (1955). The typology proposed by Monteiro (1971) was applied for the classification of the year-patterns from the pluviometric variability. The results show that in addition of the large monthly variability, the annual variability was more significant from 1998 to 2006. In the hydric balance analysis was verified that excellent hydric periods exist, as well as hydric deficit, and both periods are attached to the regularity and not to the pluviometric quantity.

**Key-words:** hydric balance, pluviosity, water resources, evapotranspiration.

## INTRODUÇÃO

As principais características da água são a circulação natural (ciclo hidrológico ou ciclo da água) e a variabilidade (heterogeneidade) espacial e temporal. A primeira (circulação) refere-se ao movimento da água sobre, na e sob a superfície da Terra, mantido pela energia radiante de origem solar e pela atração da força da gravidade. A segunda característica (variabilidade) diz respeito à distribuição da pluviosidade, tanto no tempo como no espaço. O entendimento das principais características da água torna-se indispensável nas atividades de planejamento ambiental, pois fornece informações que subsidiam um uso mais correto e racional dos recursos naturais, principalmente os hídricos, visto que esta influencia na disponibilidade hídrica.

A variabilidade espacial e temporal da água, a crescente demanda mundial e o aumento da poluição hídrica vêm agravando o atual estágio dos mananciais hídricos. A escassez de água em determinadas regiões do Brasil é consequência da variabilidade, pois enquanto aproximadamente 80% dos recursos hídricos do país concentram-se na Amazônia, onde vivem apenas 5% da população, no

Nordeste 35% da população dispõe de apenas 4% dos recursos hídricos do país Marques (1999).

Atualmente, pode-se dizer que grande parte dos problemas ambientais está de alguma forma relacionada com o uso da água e sua escassez, o que vem alertando a sociedade sobre os riscos do desequilíbrio entre sua disponibilidade e demanda.

O balanço hídrico pode ser entendido como a relação das entradas e saídas de água (afluências e efluências), ocorridas num determinado espaço e durante certo período de tempo, com a variação do volume do mesmo líquido no interior desse espaço, durante o intervalo de tempo referido (Lencastre e Franco, 1984). Ele pode ser utilizado para resolver inúmeros problemas, como o intervalo de irrigação, o planejamento dos recursos hídricos, a previsão de rendimentos das culturas, a classificação climática, entre outros.

O balanço hídrico climatológico foi desenvolvido, inicialmente, com o objetivo de se caracterizar o clima de uma região, de modo a ser empregado na classificação climática desenvolvida por Thornthwaite na década de 1940. Posteriormente, esse método começou a ser empregado para fins agrônômicos dada a grande inter-relação da agricultura com as condições climáticas.

Segundo Tubelis (2001), ao apresentar oscilações no regime termopluviométrico, o balanço hídrico se torna um importante instrumento do ponto de vista financeiro porque a aplicação de irrigação em quantidade e em momentos fisiologicamente inadequados para a cultura pode vir a provocar perdas de produção e de lucros.

Para uma melhor compreensão da dinâmica do balanço hídrico, é possível relacioná-lo ao ciclo hidrológico, uma vez que ambos estão interligados, ou seja, o primeiro ocorre espacialmente no segundo. O ciclo hidrológico pode ser definido como o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado, fundamentalmente, pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre Silveira (2000). O balanço hídrico terrestre possibilita a identificação da quantidade e o trajeto percorrido pela água nos seus diferentes estágios.

O local onde são processados os fenômenos físicos para o método do balanço hídrico está inserido na bacia hidrográfica, que, por sua vez, pode ser entendida, segundo Villela e Mattos (1975), como uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água, tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída.

Assim, a bacia hidrográfica torna-se o recorte espacial ideal, por ser um sistema natural aberto, onde ocorrem os processos hidrológicos, além de ser a unidade territorial básica para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil, segundo a Lei Federal nº 433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Nas afluições do balanço hídrico climatológico, pode-se ressaltar que a chuva representa a principal entrada de água no sistema, ao passo que a contribuição do orvalho, neve e outras formas de precipitação, não assume papel importante em regiões como a estudada, sendo, portanto, desprezível. Na efluência do sistema, podemos destacar também a evapotranspiração, o escoamento superficial e a drenagem profunda.

Essa relação de entrada e saída do sistema nos permite quantificar a disponibilidade hídrica, uma vez que essa passa a oferecer subsídios aos agricultores para buscarem alternativas e estratégias para a otimização das suas culturas e atividades agrícolas afins.

É convencional classificar a precipitação em forma de chuva, de acordo com as condições atmosféricas que as originam, em três tipos diferentes. De acordo com Ayoade (1991), as precipitações dividem-se em: convectiva, ciclônica e orográfica.

A convectiva ou frontal pode ser entendida como causa do movimento vertical de uma massa de ar ascendente, usualmente mais intensa do que a precipitação orográfica ou ciclônica. A precipitação ciclônica é oriunda de movimento vertical do ar em grande escala, associada com sistemas de baixa pressão, como as depressões. A precipitação é contínua e afeta áreas muito extensas a medida que a depressão se desloca. Frequentemente, ela dura de 6 a 12 horas. A precipitação orográfica é usualmente definida como sendo aquela que é causada inteira ou principalmente pela elevação do ar úmido sobre terreno elevado (montanhas) (Ayoade, 1991).

A escolha da Bacia Hidrográfica do Ernesto (BHE) como recorte espacial deste estudo, deu-se por ser manancial da cidade de Pitanga, centro do Estado do Paraná.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar e estimar quais os períodos de deficiência e excedente hídrico, utilizando-se o método do

balanço hídrico climatológico (Thornthwaite e Mather, 1955), e de avaliação da variabilidade pluviométrica (chuva).

Dessa maneira, o entendimento da variabilidade hídrica torna-se indispensável nas atividades agrícolas, bem como nas de planejamento ambiental, pois fornece informações que subsidiam um uso mais correto e racional dos recursos naturais, principalmente os hídricos, visto que influencia na disponibilidade hídrica.

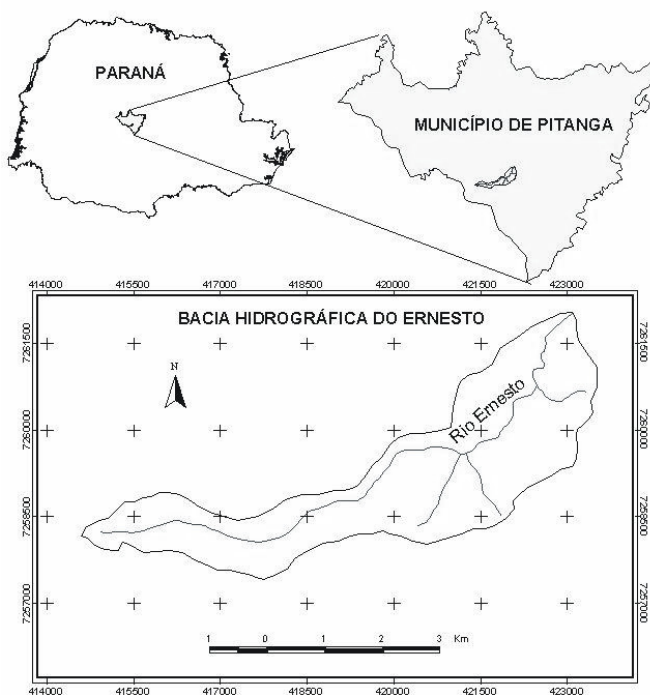
## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

A BHE localiza-se na mesorregião centro-sul do Estado do Paraná, entre as coordenadas geográficas 51°53'26" a 51°42'43" de longitude oeste e 24°49'38" a 24°45'00" de latitude sul, no município de Pitanga (**Figura 1**). O Rio Ernesto se configura como um dos afluentes do Rio Pitanga, inserido na bacia hidrográfica do Paraná e na sub-bacia do Rio Ivaí.

A área da BHE é de 13,03Km<sup>2</sup>, o comprimento do rio principal é de 10,65km e o índice de compacidade é de 1,7, denotando que a forma da bacia não favorece a concentração do escoamento fluvial (Lange e Vestena, 2007).

A BHE, de acordo com Maack (2002), está inserida na região central do Estado, situada no 3º Planalto Paranaense, na transição do Planalto de Guarapuava com o de Campo Mourão. O terceiro planalto representa o plano de declive que forma a encosta da escarpa da Serra Geral do Paraná, sendo denominada Serra da Boa Esperança, ou escarpa mesozóica. Esta escarpa é constituída por estratos do arenito São Bento Inferior ou Botucatu, com espessos



**Figura 1** - Localização da BHE no município de Pitanga/PR. Base Cartográfica: DSG (1973).

derrames de lavas básicas muito compactas do trapp do Paraná, que mais a oeste, atingem de 1.100 a 1.750 metros de espessura.

O clima na BHE é o Cfa-Subtropical Úmido Mesotérmico, de verões frescos e geadas severas e muito frequentes, com as seguintes médias anuais: temperatura dos meses mais quentes inferior a 22°C e dos meses mais frios inferior a 18°C; temperatura geral de 17°C; e umidade relativa do ar a 80% (SPVS, 1996).

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ADOTADOS**

O delineamento da BHE foi realizado a partir da carta topográfica SG 22-V-B-V, MI2821, do ano de 1973, na escala de 1/100.000, da Divisão de Serviço Geográfico (DSG), como o auxílio do software Spring 4.3.2.

Os dados de pluviosidade adotados para representar a pluviosidade na BHE foram os da estação pluviométrica localizada a 24°45'26" de latitude sul e 51°45'33" de longitude oeste, a 892m de altitude, identificada pelo código da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com o número de 02451013, monitorada pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), do período de 8 anos (de janeiro de 1998 a dezembro de 2006).

Os dados de temperatura utilizados foram os da estação meteorológica identificada pelo código 24385115, monitorada pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), localizada na latitude sul 24° 38' 00" e longitude oeste 51° 15' 00", a 540 metros de altitude, do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2006. A escolha deu-se por esta ser a estação mais próxima da área de estudo, localizada no município de Cândido de Abreu, a aproximadamente 75km da BHE.

Para a análise da variabilidade pluviométrica, utilizou-se da classificação dos anos-padrão, proposta por Monteiro (1971), adotada por Barrios e Hernández (1992) e descrita detalhadamente em Calux e Vestena (2006). De acordo com Calux e Vestena (2006), quando a distribuição da pluviosidade de um período anual ou sazonal for semelhante à média de vários anos de um determinado local temos um ano-padrão normal. Quando houver na distribuição das



precipitações anual ou sazonal um desvio negativo em relação à média do período, tem-se um ano seco, já se acontecerem desvios positivos, ou seja, chover mais que a média local, temos um ano chuvoso.

O desvio mensal da pluviosidade e do coeficiente da variação é dado pelas equações (1) e (2)

$$dm = T - Me \quad (1)$$

$$CVm = \frac{dm}{Me} \cdot 100 \quad (2)$$

onde:  $dm$  é o desvio mensal da pluviosidade;  $T$  é a pluviosidade total mensal;  $Me$  a média da pluviosidade mensal; e  $CVm$  é o coeficiente de variação mensal da pluviosidade.

O coeficiente anual da pluviosidade é obtido a partir da equação (3):

$$CVa = \frac{Scvn - Scvp}{N^{\circ} \text{ de anos}} \quad (3)$$

Sendo,  $Scvn$  a soma dos coeficientes negativos e  $Scvp$  a soma dos coeficientes positivos.

A partir do coeficiente de variação anual (CVa) os anos foram classificados de acordo com a tipologia proposta por Monteiro (1976): 1) Ano normal (N) - apresenta variações negativas ou positivas entre -15% a 15%; 2) Ano normal tendente a seco (Ntc) - apresenta desvios negativos de -30% a -15%; 3) Ano seco (S) - apresenta anomalias negativas superiores a -30%; 4) Ano chuvoso (C) - apresenta anomalias positivas maiores que 30%; e 5) Ano normal tendente a chuvoso (Ntc) - apresenta CVa entre 15% a 30%.

O método do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955) foi empregado para contabilizar a disponibilidade hídrica no solo, no ano que apresentou maior *CVa* positivo e negativo, e para os dados médios do período estudado. Para sua aplicação, utilizou-se uma planilha no *software Microsoft Office Excel*, versão 2003, elaborada por D'Angiolella (2002).

Um dos principais componentes do balanço hídrico climatológico é a evapotranspiração potencial (ETP), entendida com a quantidade de água transferida para a atmosfera por meio da evaporação e transpiração de uma superfície totalmente vegetada, com vegetação de porte baixo e sem restrição de água no solo. A *ETP* foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948), para um mês de 30 dias, tendo cada dia 12 horas de fotoperíodo (insolação diária), por meio das equações:

$$ETP = 16 \cdot \left( \frac{10 \cdot Ti}{I} \right)^a \quad (4)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{Ti}{5} \right)^{1,514} \quad (5)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (6)$$

Sendo que: *ETP* é a evapotranspiração potencial média mensal não ajustada (mm/mês); *Ti* é a temperatura média mensal ( $^{\circ}C$ ); *I* é o índice de calor; e *a* é um coeficiente. O subscrito *i* representa o mês do ano, por exemplo, *i*=1 para janeiro; *i*=2 para fevereiro; etc.

Para estimar a *ETP* para um mês de *N* dias e fotoperíodo médio mensal de *N* horas, deve-se fazer uma simples correção, dada por:

$$ETP_{\text{corrigida}} = ETP \cdot \frac{N}{12} \cdot \frac{ND}{30} \quad (7)$$

Na contabilização do balanço hídrico é necessário estimar a capacidade de armazenamento de água no solo. Para isso, o valor adotado para a capacidade de armazenagem (*CAD*) de água no solo foi de 70mm, pois na área de estudo há uma predominância de Latossolos, Podzóis e Terras Roxas, considerados como solos com baixa capacidade de retenção de água (Prado, 1995; Silva et al., 2003).

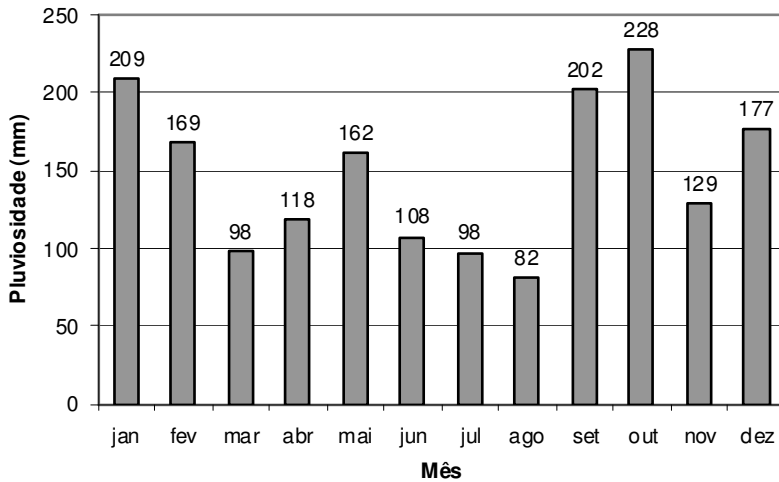
Para a análise, elaboraram-se gráficos e tabelas e foram determinados os índices estatísticos: média anual e mensal da pluviosidade, desvio padrão e coeficiente de variação da pluviosidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

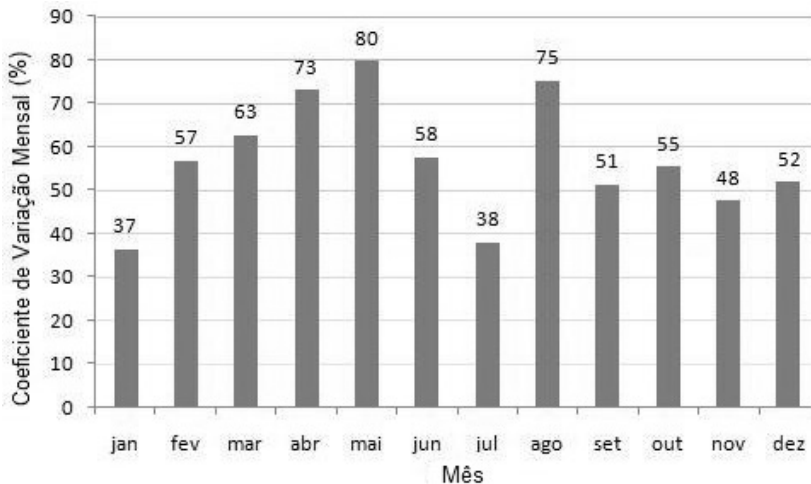
### VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA

A precipitação pluviométrica anual na BHE, entre os anos de 1998 e 2006, apresentou uma média de 1.780mm, sendo que o mês mais chuvoso foi o de outubro, com média de 228mm, e o mais seco foi agosto, apresentando média de 82mm (**Figura 2**).

Os meses que apresentaram maiores desvios-padrão foram os de maio e outubro, enquanto, os de julho, agosto e novembro, os menores. No que se refere ao coeficiente de variação mensal, constatou-se que os meses de maio e agosto foram os que apresentaram maiores variações, ao contrário dos meses de janeiro e julho, que apresentaram as menores variações (**Figura 3**).



**Figura 2** – Pluviosidade média mensal (mm). Fonte: Dados brutos obtidos junto ao SUDERHSA (2007).

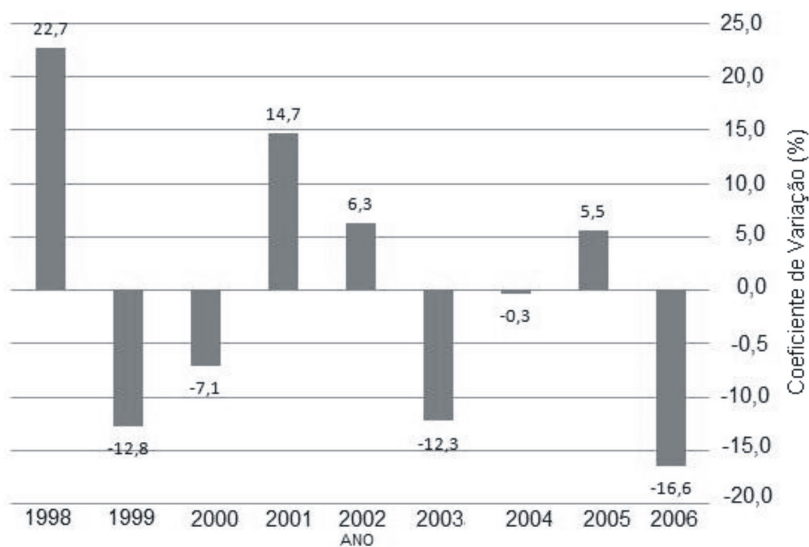


**Figura 3** - Coeficiente de variação mensal da pluviosidade (%). Fonte: Dados brutos obtidos junto ao SUDERHSA (2007).

Constatou-se que o mês de agosto é o que apresenta menor média pluviométrica e o segundo maior coeficiente de variação.

O coeficiente de variação pluviométrica anual é mostrado na **(Figura 4)**. Nele verificam-se variações pluviométricas negativas e positivas. As maiores variações negativas ocorreram nos anos de 2006, 1999 e 2003, com -16,6%, -12,8%, e -12,3 %, respectivamente. Os anos de 1998 e 2001 apresentaram as maiores variações pluviométricas positivas, mais especificamente 22,7% e 14,1%, respectivamente.

Na **(Tabela 1)** constata-se que apenas o ano de 1998 apresentou uma variação positiva superior a 15%, sendo considerado, então, como um ano normal



**Figura 4** - Coeficiente de variação anual da pluviosidade (%). Fonte: Dados brutos obtidos junto ao SUDERHSA (2007).

**Tabela 1** – Pluviosidade, CVa, desvio padrão, tipologia de anos-padrão e condição atmosférica operante.

Ano	Pluviosidade Anual (mm)	Desvio Padrão (mm)	Cva Pluviosidade (%)	Tipologia para Anos-Padrão	Condição Atmosférica Predominante – Intensidade <sup>1</sup>
1998	2.183,30	403,8	22,6	Ano Normal tendente a chuvoso	El Niño – Forte
1999	1.551,70	-227,8	-12,8	Ano Normal	La Niña - Moderada
2000	1.652,60	-126,9	-7,1	Ano Normal	La Niña - Moderada
2001	2.041,10	261,6	14,6	Ano Normal	La Niña - Moderada
2002	1.891,00	111,5	6,2	Ano Normal	El Niño - Moderada
2003	1.560,40	-219,1	-12,3	Ano Normal	El Niño - Moderada
2004	1.773,30	-6,2	-0,3	Ano Normal	El Niño – Fraco
2005	1.877,50	98	5,5	Ano Normal	El Niño – Fraco
2006	1.484,80	-294,7	-16,5	Ano Normal tendente a seco	El Niño – Fraco
Média	1.779,50				

Fonte: Dados brutos obtidos junto ao SUDERHSA (2007).

Legenda: <sup>1</sup>Dados do INPE (2009)

tendente a chuvoso. Enquanto, o ano de 2006 apresentou uma variação negativa superior a -15%, ou melhor, -16,5%, sendo classificado como um ano normal tendente a seco. Os demais anos apresentaram variações anuais pequenas, sendo classificados como anos normais.

A ocorrência de maior ou menor quantidade de chuva em determinados anos pode estar associada a alterações na dinâmica de circulação atmosférica, por desequilíbrio de radiação líquida, topografia, distribuição das superfícies continentais e oceânicas e pelas correntes oceânicas, como os fenômenos do El Niño e da La Nina.

O El Niño “é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical”, o que ocasiona uma mudança na dinâmica da circulação atmosférica, que origina impactos no tempo e no clima em todo o planeta. Com esse aquecimento, os ventos alísios que sopram de leste para oeste no equador enfraquecem, determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade e, portanto, variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas (INPE, 2003). As implicações do El Niño na região Sul do Brasil são “precipitações abundantes, principalmente na primavera e chuvas intensas de maio a julho, e aumento da temperatura média” (INPE, 2009).

A La Niña “representa um fenômeno oceânico-atmosférico com características opostas ao EL Niño, e que se caracteriza por um esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical”, ocasionando secas severas no Sul do Brasil (INPE, 2009).

Na **(Tabela 1)** verifica-se que os anos com variação pluviométrica positiva e negativa em relação à média do período, não apresentaram influências significativas dos fenômenos atmosféricos anteriormente citados, com exceção do ano de 1998, pois o mesmo apresentou índices pluviométricos elevados, podendo este estar associado à forte ocorrência do El Niño, que ocasiona o aumento da quantidade de chuvas no Sul do Brasil, decorrente dos ventos fortes provenientes de oeste bloquearem a entrada das frentes polares atlânticas. O aumento do volume de chuva beneficia o cultivo de determinadas culturas (milho) e prejudica outras (trigo), bem como provoca enchentes e inundações e aumenta a erosão no solo.

Nos demais anos, onde se teve El Niño fraco e moderado e La Niña moderada, os índices pluviométricos anuais não apresentaram coeficientes de variações superiores a 15% em relação à média do período, com exceção do ano de 2006, com um *CVa* de -16,5% em condições de El Niño fraco.

## **BALANÇO HÍDRICO**

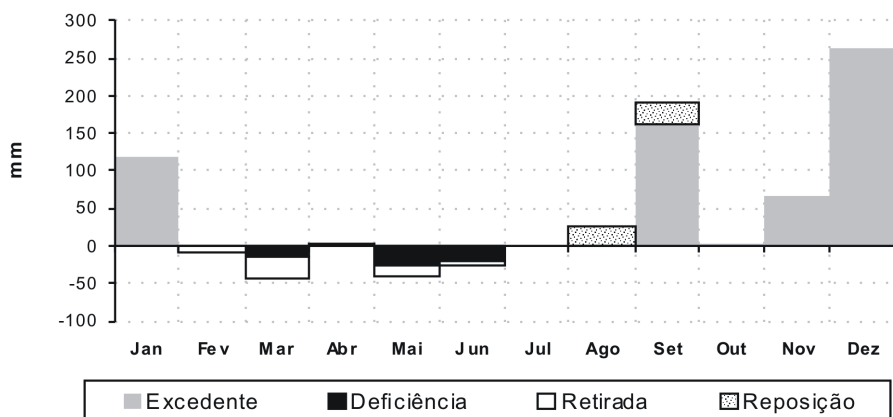
O balanço hídrico foi estimado para o ano de 2006, por ter sido o que apresentou menor índice pluviométrico no período estudado, com 1.484,8mm. Porém, cabe destacar que o mês de dezembro daquele ano, com 390,6mm, apresentou índices superiores ao dobro da média mensal do período abordado, ou seja, 177mm.

A (**Figura 5**) e a (**Tabela 2**) mostram os dados obtidos pelo balanço hídrico de 2006, nos quais verifica-se que os meses de fevereiro, março, maio, junho e julho apresentam deficiência hídrica, e os meses de janeiro, setembro, outubro, novembro e dezembro apresentam excessos de água no solo.

O cálculo do balanço hídrico climatológico resulta nas seguintes informações: *P-ETP* é a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração; *NEG-AC* é o negativo acumulado de água no solo; *ARM* é o armazenamento de água no solo; *ALT* é a alteração entre o *ARM* do mês atual e o *ARM* do mês anterior; *ETR* é a evapotranspiração real; *DEF* é a deficiência; e *EXC* é o excedente hídrico (Mota, 1977; Ometto, 1981).

Na (**Figura 6**) e na (**Tabela 3**) é apresentado o balanço hídrico do ano de 1998, ano que apresentou o maior índice pluviométrico da série analisada (2.183,3mm), destacando-se o mês de abril, que apresentou o dobro da média no período. Por outro lado, o mês de novembro, daquele ano, mostrou-se bem



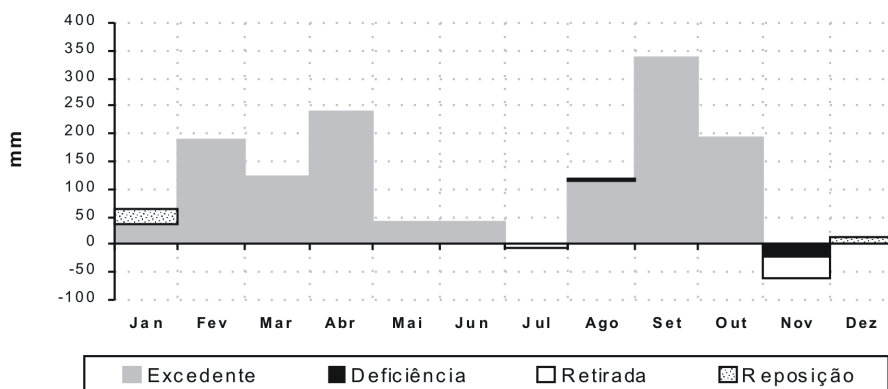


**Figura 5** – Balanço hídrico de 2006 (CVa de -16,5%). Fonte: Dados brutos obtidos junto ao SUDERHSA (2007) e SIMEPAR (2008).

**Tabela 2** - Balanço hídrico do ano de 2006.

Mês	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NEG-AC (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	94,77	116,8	0	70	0	94,8	0	116,8
Fev	81,95	-8	-8	62,48	-7,52	81,5	0,4	0
Mar	94,7	-43,3	-51,3	33,66	-28,82	80,2	14,5	0
Abr	66,12	2,2	-46,9	35,84	2,18	66,1	0	0
Mai	49,76	-41,1	-87,9	19,93	-15,9	24,6	25,2	0
Jun	55,03	-24,4	-112,4	14,06	-5,87	36,5	18,6	0
Jul	65,2	-0,5	-112,9	13,96	-0,1	64,8	0,4	0
Ago	68,4	25,3	-40,5	39,27	25,3	68,4	0	0
Set	56,94	192,1	0	70	30,73	56,9	0	161,3
Out	90,53	2,4	0	70	0	90,5	0	2,4
Nov	83,2	66,1	0	70	0	83,2	0	66,1
Dez	127,19	263,4	0	70	0	127,2	0	263,4
Total	933,79	551		569	0	874,8	59	610
Média	77,82	45,9		47,4		72,9	4,9	50,8

Fonte: Dados brutos obtidos junto ao SUDERHSA (2007) e SIMEPAR (2008).



**Figura 6** - Balanço hídrico de 1998 - CVa de 22,6%. Fonte: Dados brutos obtidos junto ao SUDERHSA (2007) e SIMEPAR (2008).

**Tabela 3** - Balanço hídrico do ano de 1998.

Mês	ETP (mm)	P-ETP (mm)	(mm) (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	98,43	64,1	0	70	26,31	98,4	0	37,8
Fev	84,71	188,5	0	70	0	84,7	0	188,5
Mar	88,97	122,1	0	70	0	89	0	122,1
Abr	70,67	238,4	0	70	0	70,7	0	238,4
Mai	55,15	41,7	0	70	0	55,1	0	41,7
Jun	47,16	41,6	0	70	0	47,2	0	41,6
Jul	57,68	-4,8	-4,8	65,38	-4,62	57,5	0,2	0
Ago	64,49	117,8	0	70	4,62	64,5	0	113,2
Set	60,77	334,2	0	70	0	60,8	0	334,2
Out	74,28	194,3	0	70	0	74,3	0	194,3
Nov	83,86	-62,2	-62,2	28,8	-41,2	62,9	21	0
Dez	106,42	14,9	-33	43,69	14,88	106,4	0	0
Total	892,59	1290,7		768	0	871,5	21,1	1311,8
Média	74,38	107,6		64		72,6	1,8	109,3

Fonte: Dados brutos obtidos junto ao SUDERHSA (2007) e SIMEPAR (2008).

abaixo da média mensal do mês de 128,7 mm, com uma pluviosidade de apenas 21,7 mm.

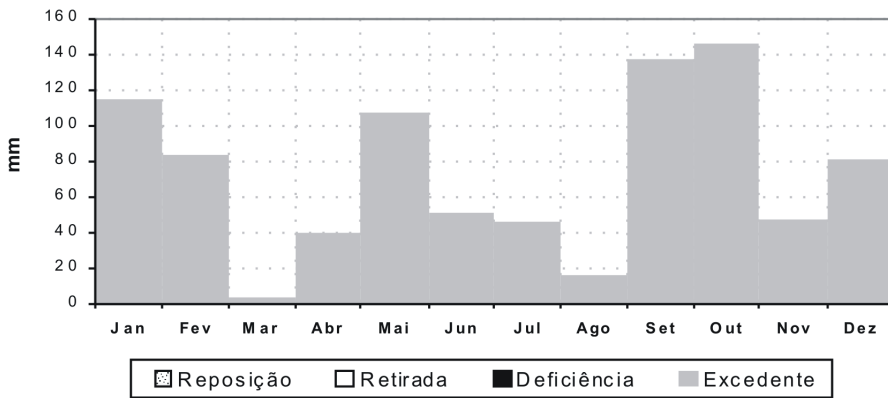
Constatou-se, também, que os meses de julho e novembro apresentaram deficiência hídrica e os demais, excesso hídrico, com exceção de dezembro.

A (**Figura 7**) mostra o balanço hídrico estimado para a média mensal do período de 1998 a 2006. Neste, observa-se um significativo excedente hídrico no solo, com destaque para os meses de setembro e outubro. A (**Tabela 4**) mostra o balanço hídrico mensal obtido a partir dos dados médios de pluviosidade e temperatura do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2006.

*Tabela 4 - Balanço hídrico da média mensal do período de 1998 a 2006.*

Mês	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NEG-AC (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	93,68	114,8	0	70	0	93,7	0	114,8
Fev	84,33	84,2	0	70	0	84,3	0	84,2
Mar	94,72	3,6	0	70	0	94,7	0	3,6
Abr	78,9	39,3	0	70	0	78,9	0	39,3
Mai	54,99	107,4	0	70	0	55	0	107,4
Jun	56,73	51,2	0	70	0	56,7	0	51,2
Jul	51,66	45,8	0	70	0	51,7	0	45,8
Ago	65,99	15,6	0	70	0	66	0	15,6
Set	65,21	137,2	0	70	0	65,2	0	137,2
Out	81,9	146	0	70	0	81,9	0	146
Nov	81,7	47	0	70	0	81,7	0	47
Dez	95,24	81,8	0	70	0	95,2	0	81,8
Total	905,05	873,8		840	0	905,1	0	873,8
Média	75,42	72,8		70		75,4	0	72,8

*Fonte: Dados brutos obtidos junto ao SUDERHSA (2007) e SIMEPAR (2008).*



**Figura 7** - Balanço hídrico da média mensal do período de 1998 a 2006

Fonte: Dados brutos obtidos junto ao SUDERHSA (2007) e SIMEPAR (2008).

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

A precipitação pluviométrica anual na BHE entre os anos de 1998 e 2006 apresentou uma média de 1.779,5mm, sendo que o mês mais chuvoso foi o de outubro, com média de 228mm, e o mais seco foi agosto, apresentando média de 82mm.

O ano de 1998 foi o único a ser categorizado como normal tendente a chuvoso, na classificação dos anos-padrão, pois apresentou coeficiente de variação pluviométrica anual entre 15 e 30%. Os demais anos foram classificados como normais, entre -15 a 15%, com exceção de 2006, que apresentou coeficiente de variação pluviométrica anual entre -15 e -30%, entrando na categoria dos anos normais tendentes a seco.

Os meses que apresentaram maiores desvios padrão de pluviosidade foram os de maio e outubro, enquanto, os de julho, agosto e novembro, os menores.

No que se refere ao coeficiente de variação mensal da pluviosidade, constatou-se que os meses de maio e agosto foram os que apresentaram maiores variações, ao contrário dos meses de janeiro e julho, que apresentaram os menores desvios.

Quanto ao balanço hídrico, foi possível concluir que existem períodos de excedente hídrico, bem como de déficit hídrico, sendo o último vinculado à regularidade e não à quantidade pluviométrica.

Dessa forma, conclui-se que o presente estudo apresenta-se como referencial teórico para a elaboração de futuros trabalhos, bem como para a execução de atividades agrícolas que envolvam o balanço hídrico e também o planejamento ambiental, visto que as aplicações inadequadas das ações que permeiam os recursos hídricos e o solo podem acarretar prejuízos econômicos, sociais e, principalmente, ambientais.

## REFERÊNCIAS

- AYOADE, J. O. (1991). *Introdução à climatologia para os trópicos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S.A, 332 p.
- BRASIL. Lei Federal N.º 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial* [República Federativa do Brasil], Brasília, 9 jan. 1997.
- CALUX, J. & VESTENA, L. R. (2006). Análise da variabilidade pluviométrica e da disponibilidade hídrica no município de Fernandes Pinheiros/PR. In: Seminário Latinoamericano de Geografia Física, 4., Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2006. CD-ROM.
- D'ANGIOLELLA, G. L. B. & VASCONCELLOS, V. L. D. (2002). Cálculo do balanço hídrico climatológico com diferentes métodos para estimativa da evapotranspiração

potencial, em planilhas Excel. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12., Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: SBMET, 2002. CD-ROM.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2009). Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). In: <http://enos.cptec.inpe.br/>

LANGE, G. F. & VESTENA, L. R. (2007). Aspectos morfométricos da bacia hidrográfica do Ernesto, Pitanga/PR. In: Workshop Regional de Geografia e Mudanças Ambientais: desafios da sociedade do presente e do futuro, 1., Guarapuava. *Anais...* Guarapuava: Ed. UNICENTRO, 2007. p. 211. ISBN 978-85-89346-55-9.

LENCASTRE, A. & FRANCO, E. (1984). *Lições de hidrologia*. Univ. Nova Lisboa, 451 p.

MAACK, R. (2002). *Geografia Física do Estado do Paraná*. 3ª. Ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 438 p.

MARQUES, G. F. (1999). *Avaliação das disponibilidades hídricas superficiais e da aptidão agrícola do solo em estado natural como subsídio para gestão dos recursos hídricos na Bacia do rio Jumento - MG*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – USP, São Paulo.

MONTEIRO, C. A. F. (1976). *O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas*. São Paulo: USP/IGEOG. (Teses e Monografias, 28).

MOTA, F. S. (1977). *Meteorologia agrícola*. 3ª ed. São Paulo: Nobel, 376 p.

OMETTO, J. C. (1981). *Bioclimatologia vegetal*. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 440 p.

PRADO, H. (1995). Pedologia simplificada. *POTAFOS - Arquivo do Agrônomo*, v.1, p.1-16.

SPVS. Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (1996). *Manual para Recuperação da Reserva Florestal Legal*. Curitiba: Tempo Integral, 85 p.

- SILVA, F. A. M.; FEITOZA, L.; EVANGELISTA, B. A. & ASSAD, E. D. (2003). Áreas aptas e necessidade de irrigação para a cultura do café (*Coffea arábica* L.) no Estado de Goiás. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13., Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBAGro, p.261-262.
- SILVEIRA, A. L. L. (2002). Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ABRH), p. 35-51.
- THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. (1955). *The water balance*. Centerton, N. J.: Laboratory of Climatology, 104 p.
- THORNTHWAITE, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, v.38, p. 55-94.
- TUBELIS, A. (2001). *Conhecimentos práticos sobre clima e irrigação*. Viçosa: Aprenda Fácil, 224 p.
- VILLELA, S. M. & MATTOS, A. (1975). *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245 p.