

BACIA EXPERIMENTAL DO LAGEADO GRANDE, SÃO MARTINHO DA SERRA – RS: INSTRUMENTAÇÃO E PRIMEIROS RESULTADOS

*Nadia Bernardi Bonumá¹, João Batista Dias de Paiva², Maria do Carmo Cauduro Gastaldini²,
José Antônio de Azevedo Gomes³, Raniere Sangoi³, Fábio Belling⁴, Saimon Abelin⁴ e Rodrigo
Domingues⁴*

RESUMO --- A Bacia Experimental do Lageado Grande, localizada em São Martinho da Serra - RS, abrange uma área de 33,19 km², onde são desenvolvidas as atividades de agropecuária e extração de pedras preciosas. O presente trabalho apresenta as atividades desenvolvidas nesta bacia, que consistiram na escolha e exploração da área de estudo, caracterização física, instalação e avaliação do funcionamento dos equipamentos para monitoramento hidrológico, análise da qualidade da água, coleta e tratamento estatístico dos dados coletados; e avaliação dos resultados já obtidos.

ABSTRACT --- The Experimental Basin of Lageado Grande is located in São Martinho da Serra – RS. The catchment area is 33.12 km² and the land-use is predominantly agricultural and the extraction of gemstones activity. The objective of this paper is to present the activities developed, that consisted in the choice and exploration of the study area, physical characterization, installation and evaluation of the equipments operation for accompaniment hydrological, analysis of the water quality, statistical treatment of the collected data; and evaluation of the results already obtained.

Palavras-chave: bacia experimental, monitoramento ambiental, impacto de mineração.

-
- 1) Professora do Departamento de Hidráulica e Saneamento do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Faixa de Camobi, Km 9 Campus Universitário Santa Maria – RS 97105-900. Tel.:(55) 3220-8886. e-mail: nadiabonuma@gmail.com.
 - 2) PQ-CNPq. Professores do Departamento de Hidráulica e Saneamento do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Faixa de Camobi, Km 9 Campus Universitário Santa Maria – RS 97105-900. Tel.:(55) 3220-8483. E-mail: paiva@ct.ufsm.br e mcarmo@ct.ufsm.br. Membros do GHIDROS - Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.
 - 3) Alunos do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – PPGEC da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. E-mail: jaagomes@terra.com.br e ranieresangoi@bol.com.br.
 - 4) Bolsistas de Iniciação Científica – CNPq. E-mail: fabiobeling@gmail.com e saimonblin@yahoo.com.br.

1 - INTRODUÇÃO

A água é essencial para existência da vida no nosso planeta, além disso, ainda exerce papel fundamental em quase todas as atividades humanas podendo ser utilizada como: fonte de energia, meio de transporte, matéria-prima ou parte do processo produtivo industrial, opção de lazer e transporte de despejos e resíduos em geral.

Além de exigir uma demanda cada vez maior deste recurso, cada um destes usos requer diferentes características qualitativas, o que muitas vezes acaba gerando conflitos entre os usuários. Mas, se por um lado houve este aumento e esta diversificação dos usos, por outro a quantidade de água disponível no planeta é a mesma. Porém, muitas vezes com uma qualidade bem inferior à desejada, pois a capacidade de autodepuração dos mananciais não consegue acompanhar esse incremento das atividades produtivas.

Dentre as atividades antrópicas potencialmente poluidoras dos recursos hídricos estão aquelas relacionadas à mineração. O aproveitamento dos enriquecimentos minerais é responsável por grandes modificações na paisagem, podendo causar um alto grau de deterioração nos recursos hídricos, mesmo após o término da atividade extractiva.

O Rio Grande do Sul é conhecido no Brasil e no exterior como um dos grandes fornecedores de gemas do mundo, especialmente ágata e ametista. Este tipo de atividade tem uma grande relevância no desenvolvimento sócio-econômico das regiões junto aos locais de extração e beneficiamento. Entretanto pode causar grandes impactos ambientais, devido às alterações do relevo original e desmatamento, além da geração de um grande volume de rejeitos, que podem acabar sendo transportados para os corpos d'água.

A Bacia Experimental do Lageado Grande, localizada em São Martinho da Serra, é uma bacia rural onde estão em operação garimpos de pedras preciosas (ametistas, ágatas). Considerando a natureza impactante da atividade extractivista mineral e para evitar e remediar eventuais impactos sobre os corpos d'água da região, foi proposto o programa piloto de monitoramento hidrossedimentométrico e de qualidade da água na bacia experimental em que está inserida a área com potencial gemológico do Município de São Martinho da Serra, financiado pelo Edital Fapergs 001/2004-Procoredes.

Esta bacia está sendo instalada pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (GHIDROS) da Universidade Federal de Santa Maria. Este trabalho apresenta as primeiras atividades desenvolvidas na bacia: caracterização física, instalação dos equipamentos para monitoramento hidrológico, análise da qualidade da água, coleta e tratamento estatístico dos dados coletados e avaliação dos resultados já obtidos.

2 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As bacias experimentais exercem o papel de um verdadeiro laboratório em campo, onde são desenvolvidas pesquisas e geradas informações que podem ser extrapoladas, desde que com metodologias adequadas. Esta extração é muito importante, especialmente no Brasil, onde são poucas as séries históricas de vazões associadas a pequenas bacias. Essas informações são úteis para o gerenciamento dos recursos hídricos de uma bacia, como nas decisões de outorga.

No mundo são inúmeras as iniciativas de estudos em bacias experimentais. No Brasil, alguns dos estudos mais remotos em bacias experimentais ocorreram na década de 1970, mas os estudos nessas bacias foram paralisados e os dados acabaram sendo de uso e publicação restritos. Após essa época, observa-se uma nova iniciativa na constituição desses estudos no Brasil somente por volta do ano de 2000. Fomentado em parte pelas necessidades da implementação dos instrumentos da legislação para a gestão dos recursos hídricos mais recente e, em parte dos estudos sobre mudanças climáticas e seus efeitos (MORAES, 2007).

Como exemplos de bacias experimentais no Brasil pode ser citada a Bacia experimental do Rio do Cedro, localizada no Município de São Domingos, na Zona do Sisal da Bahia (FONTES, ALVARES & MEDEIROS, 2004); a Bacia Experimental de Serra Negra do Norte, RN (RIGHETTO; MEDEIROS & MOREIRA, 2005) e Bacia Experimental/representativa de Santa Maria/Cambiocó – RJ (MORAES, 2007)

A pesquisa em bacias experimentais pode ser realizada com diversos objetivos (RIGHETTO, MEDEIROS, MOREIRA, 2005):

Estudar os efeitos de mudanças antrópicas, tais como desmatamento e/ou modificação no uso do solo;

Previsão hidrológica – as bacias experimentais podem servir para validar, testar e calibrar modelos hidrológicos;

Extensão de séries hidrológicas – as séries de dados observados em bacias experimentais são valiosos em estudos de regionalização;

Treinamento de técnicos e estudantes – a instrumentação detalhada das bacias experimentais constitui uma oportunidade para familiarização e treinamento para operação de equipamentos de monitoramento hidrológico e climatológico.

Pesquisa básica – estudos detalhados de processos físicos, químicos e/ou biológicos dentro do ciclo hidrológico.

De acordo com Medeiros et al. (2005) a caracterização do processo chuva-vazão em bacias hidrográficas permite aumentar o nível de conhecimento do processo físico relacionado com as

vazões, obtendo assim, informações extremamente importantes para o gerenciamento dos recursos hídricos na bacia.

Para Moraes (2007) a falta de dados hidrológicos em pequenas bacias gera incertezas que podem comprometer o gerenciamento dos recursos hídricos. Atualmente inexiste um método confiável para a estimativa de disponibilidade hídrica na ausência de dados, que limita a avaliação de aproveitamentos de pequenos mananciais além de prejudicar os estudos de avaliação da qualidade das águas e os processos de outorga. Os monitoramentos em bacias experimentais representam uma rápida interação com o meio através de algumas medições locais que conduzirão a uma boa avaliação da disponibilidade hídrica através do monitoramento dos parâmetros do ciclo hidrológico.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Área de estudo

O monitoramento foi realizado na Bacia Experimental do Lageado Grande, está localizada no município de São Martinho da Serra, estado do Rio Grande do Sul, Brasil (figura 1). A bacia possui uma área de 33,19 km², e está situada entre os meridianos 53°52'46" e 53°57'14", de longitude oeste, e os paralelos 29°30'16"e 29°35'04", de latitude sul.

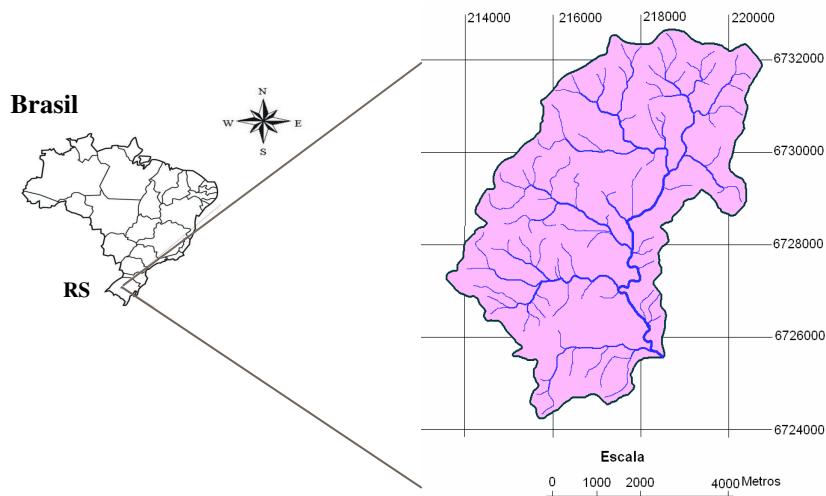


Figura 1 – Localização geográfica da Bacia Experimental do Lageado Grande, localizada em São Martinho da Serra- RS.

Em termos de hidrologia, a rede de drenagem da bacia é constituída de pequenos arroios do qual se destaca o Arroio Lageado Grande, afluente do Rio Ibicuí-Mirim que, por sua vez, é formador do Rio Ibicuí, que drena para o Rio Uruguai.

O clima da região, segundo a classificação de Köeppen, é do tipo mesotérmico, Cfa, isto é, subtropical úmido sem estação seca, onde a temperatura do mês mais quente (fevereiro) é superior a 22°C, enquanto a do mês mais frio (julho) é inferior a 18°C.

Com relação ao uso atual do solo, na área de estudo não existem assentamentos populacionais, apenas atividade de agricultura e garimpos de pedras preciosas (ágatas e ametistas).

3.2 – Geologia e geomorfologia regional

Conforme “O Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul”, elaborado por Branco & Gil (2000, apud GOMES, 2004), a Região Serrana nas cabeceiras da Bacia do Rio Ibicuí apresenta elevado potencial gemológico, e o município de São Martinho da Serra pertence a esta região.

De acordo com Viera, Mendes & Robaina (2002), a área de estudo apresenta a ocorrência de rochas Efusivas Básicas e Ácidas com intercalações de arenitos intertrapps. Tais características são resultantes do vulcanismo de fissura ocorrido na Bacia do Ibicuí-Mirim, no Mesozóico. É composta, assim, por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, a qual está subdividida em duas seqüências vulcânicas – a Ácida Superior e a Básica Inferior. As jazidas localizam-se na seqüência inferior que é formada por diversos derrames basálticos horizontalizados de cor cinza-escura.

A região onde se localiza a área de basalto está encravada no segmento da Serra Geral, que recebe a denominação local de Serra de São Martinho. Apresenta grande individualidade litológica e representa testemunho atual de uma fase da evolução do planalto. É composta por diferentes níveis topográficos, sendo altamente suscetível ao deslocamento de blocos de massa, vertentes abruptas e convexas e onde a erosão age fortemente, devido à energia do relevo.

As características morfométricas impedem o uso agrícola e pecuário, exigindo a preservação da vegetação natural. Sua beleza cênica favorece um excelente mirante em que se pode observar a paisagem agradável e o formato das vertentes da Serra, bem como das áreas mais baixas onde ficou evidenciada uma predisposição à dinâmica pluvio-erosiva.

As áreas de garimpo situam-se nas cotas mais baixas da bacia em estudo, onde ainda existem locais preservados, mas que pelo avanço agrícola e extrativista correm o risco de serem degradados.

3.3 – Instrumentação e monitoramento

O monitoramento foi realizado através de uma estação pluviográfica e de duas estações fluviográficas, uma localizada à montante e a outra à jusante da área de garimpo, monitoradas pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (GHIDROS) da UFSM.

A estação pluviográfica localiza-se na região central da bacia, sendo composta de um pluviógrafo digital.

A estação fluviográfica de montante tem uma área de drenagem que não está sob o impacto da atividade de garimpo e é equipada com um vertedor triangular de soleira curta (V Notched weir), uma régua limimétrica e um registrador eletrônico tipo “data logger”, com sensor de nível do tipo bóia e contrapeso e um amostrador de nível ascendente (ANA), conforme descrito por Umesawa (1979).

A estação fluviográfica de jusante localiza-se no exutório da bacia e é equipada com um vertedor triangular de soleira curta (V Notched weir), uma ponte para auxiliar nas medições de vazão, uma régua limimétrica, um registrador eletrônico tipo “data logger”, com sensor de nível do tipo bóia e contrapeso, dois amostradores de nível ascendente (ANA) e um amostrador de nível descendente (AND).

A figura 2 apresenta a localização das estações de monitoramento pluviográfica e fluviográficas. A figura 3 mostra em detalhes as seções de amostragem das estações fluviográficas da bacia.

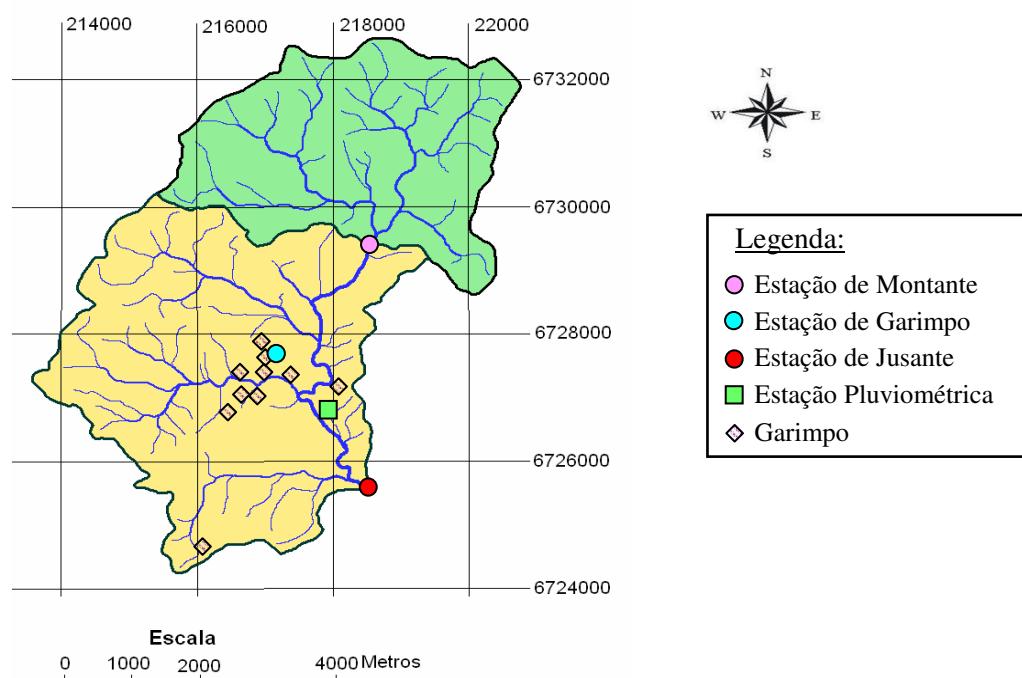


Figura 2 – Estações de monitoramento da bacia experimental.



Figura 3 – Estações fluviográficas da bacia experimental.

Para determinação das vazões durante o período de observação foi determinada a curva “cota x descarga”, para a seção do vertedor no ponto de jusante. O vertedor construído é do tipo triangular de soleira curta, desenvolvido pelo “U.S. Soil Conservation Service”, para uso em bacias rurais (BRAKENSIEK & OSBORN, 1979) denominado “V-notch weir”, com inclinação da crista de 1vertical : 5 horizontal.

A curva-chave é apresentada nas equações 1, 2 e 3.

Para $0,06 < H \leq 0,47$ m:

$$Q = 7,438435 \cdot H^{2,5} \quad (1)$$

Para $0,47 < H \leq 1,11$ m:

$$Q = 7,702248 \cdot H^{2,5} \quad (2)$$

Para $1,11 < H \leq 1,15$ m:

$$Q = 7,659451 \cdot H^{2,5} \quad (3)$$

Para $H > 1,15$ m o vertedor funciona como um vertedor misto (triangular e retangular) e a vazão adotada é mostrada na equação 4:

$$Q = 10,862811 + (16,6383 - 0,342 \cdot H) \cdot (H - 1,15)^{\frac{3}{2}} \quad (4)$$

onde:

Q = vazão (m^3/s);

H = cota (m).

3.4 – Coleta de amostras

As amostras de água foram coletadas em três pontos de monitoramento da bacia em estudo: à montante e à jusante da área de mineração e na saída do principal garimpo em atividade.

Foi realizada, juntamente com as medições de vazão, a determinação dos seguintes parâmetros de qualidade: temperatura da água, pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio aos 5 dias (DBO₅), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, sólidos fixos, sólidos voláteis, coliformes totais e coliformes termotolerantes, objetivando a identificação de eventuais alterações na qualidade da água.

Foram feitas, também, cinco investigações detalhadas, para a quantificação dos seguintes parâmetros: Alcalinidade, Alumínio, Cálcio, Cádmio, Cobre, Cromo, Ferro, Fluoreto, Fosfato, Magnésio, Manganês, Mercúrio, Nitrato, Sódio e Zinco. Sendo que os parâmetros Cádmio, Fluoreto e Mercúrio foram avaliados somente uma vez, devido à não detecção destes parâmetros e o alto custo das análises.

As análises seguiram a metodologia descrita no APHA, AWWA, WEF (1998).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – Características físicas

As características físicas da Bacia experimental influenciam no seu comportamento hidrológico. A tabela 1 mostra os principais índices da Bacia experimental. Pelos valores do coeficiente de compacidade e fator de forma nota-se que a bacia apresenta menor tendência a enchentes em relação a bacias de mesma área de drenagem.

Tabela 1 - Características físicas da Bacia experimental

Parâmetro	
Área de Drenagem (A)	33,19 km ²
Perímetro da Bacia (P)	29,40 km
Comprimento do Rio Principal (Lp)	11,10 km
Coeficiente de Compacidade (Lc)	1,44
Fator de Forma (Kf)	0,27
Elevação Máxima	471m
Elevação Mínima	167m
Declividade do Rio Principal	0,0273865m/m
Declividade Média da Bacia (Im)	0,1990590m/m

A figura 4 mostra a curva hipsométrica da Bacia experimental. A curva hipsométrica indica que toda bacia está sujeita a declividades altas, a curva se aproxima de uma reta em quase toda sua extensão, praticamente desde a nascente até o exutório.

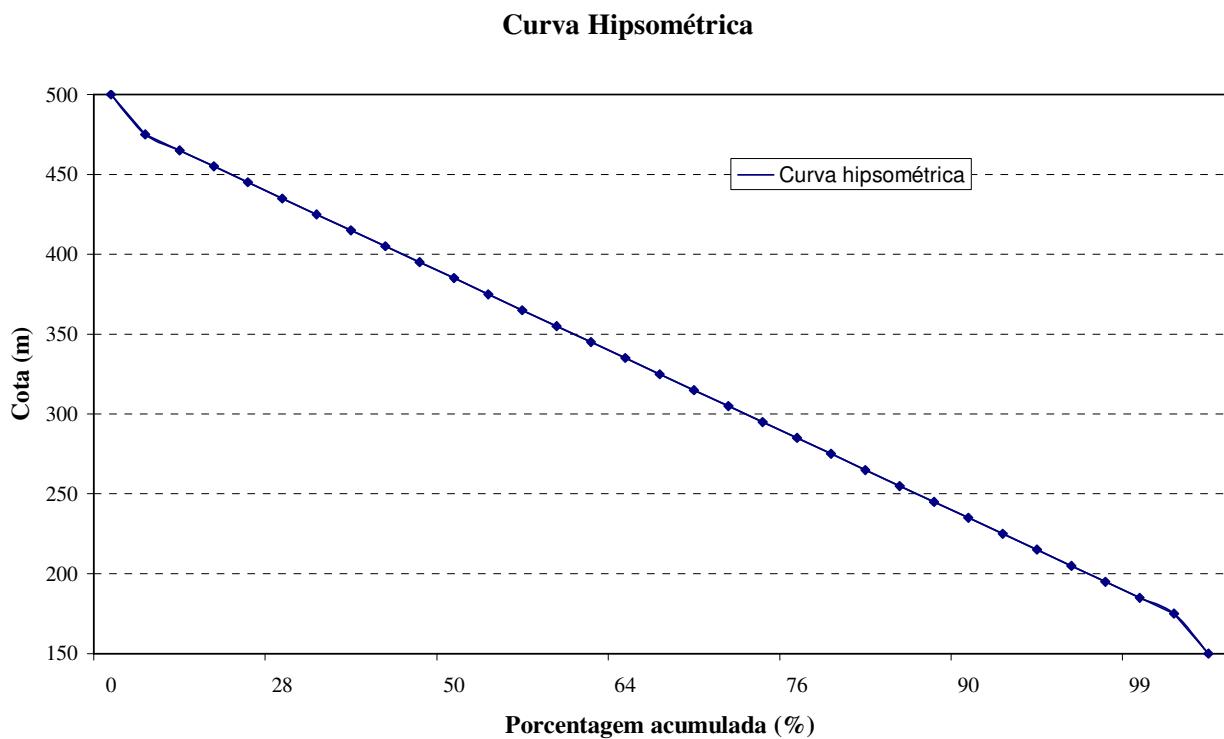


Figura 4 – Curva hipsométrica da Bacia Experimental do Lageado Grande.

4.2 – Relações chuva-vazão

Foi realizado o monitoramento hidrológico da Bacia experimental do período de maio de 2005 a fevereiro de 2007. Foram monitorados todos os eventos de precipitação ocorridos neste período na Bacia. A determinação da vazão em cada evento de precipitação foi feita através das equações do vertedor (Equações 1, 2, 3 e 4). Foram selecionados 23 eventos, os maiores eventos ocorridos no período, para fazer um estudo inicial do comportamento hidrológico da Bacia no que se refere aos processos de transformação de chuva em vazão.

A relação entre a precipitação e a sua transformação em escoamento superficial em uma bacia hidrográfica é resultado da interação de vários fatores do ciclo hidrológico, que dependem das propriedades da chuva e das características da bacia.

A Figura 5 apresenta as precipitações mensais totais e as vazões médias mensais no período de maio de 2005 a fevereiro de 2007.

A Figura 6 apresenta os principais eventos monitorados no período com as precipitações totais, volumes escoados e coeficientes de *runoff* correspondentes.

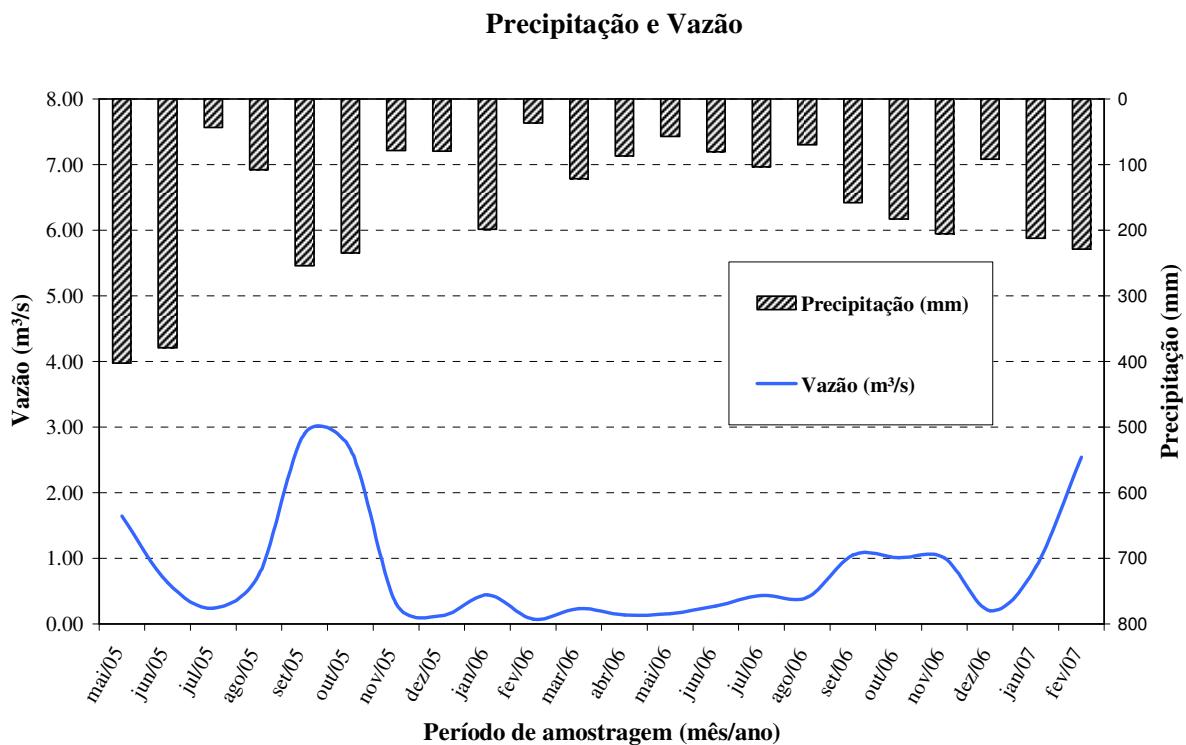


Figura 5 – Precipitações mensais totais e vazões médias mensais observadas.

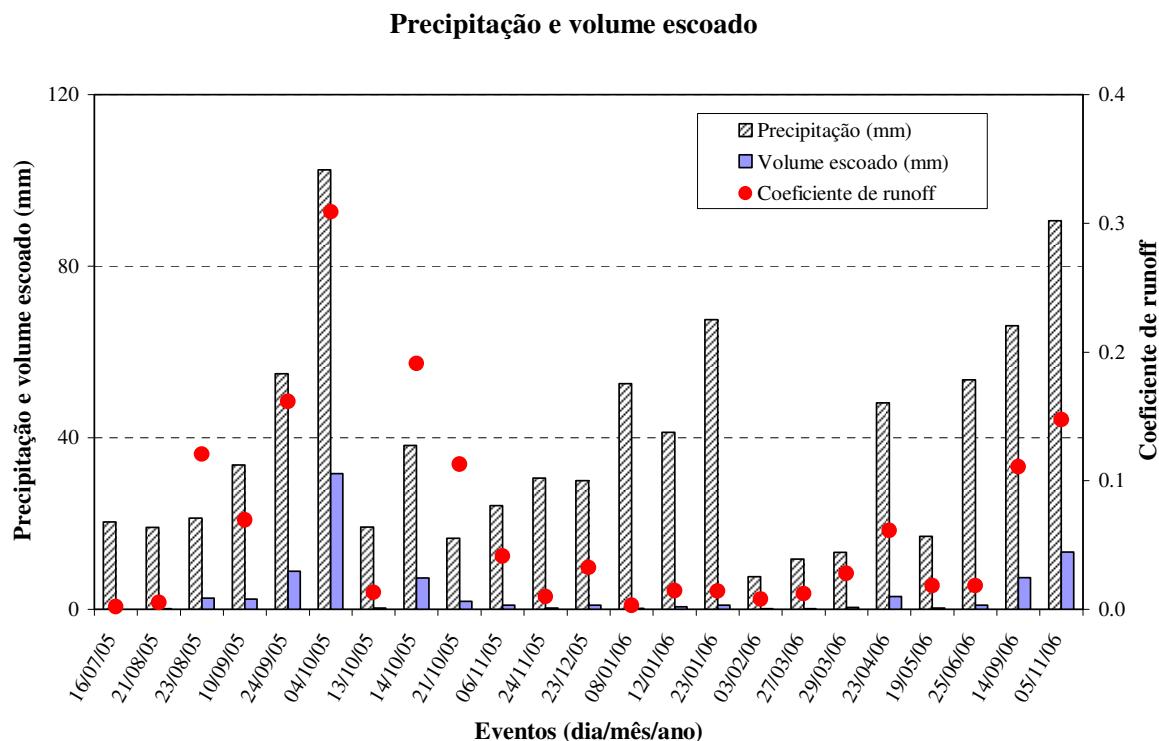


Figura 6 – Eventos monitorados, precipitações e coeficientes de runoff.

A tabela 2 apresenta as principais características de alguns dos eventos ocorridos no período acompanhada do correspondente coeficiente de *runoff*. O cálculo do coeficiente de *runoff* é feito com base na variação do volume escoado, a qual é obtida a partir dos registros automáticos dos níveis d'água no tempo e precipitação no mesmo período. Observa-se com base na tabela 2 que o coeficiente variou num intervalo entre 0,002 e 0,309, com um valor médio de 0,065. O coeficiente de *runoff* não apresentou uma boa correlação nem com a intensidade da precipitação nem com o total precipitado. Conforme constatado por Righetto, Medeiros & Moreira (2005) a geração do *runoff* nas pequenas bacias está mais relacionada com as condições de umidade antecedentes do que com o próprio evento.

Tabela 2 - Características dos eventos da Bacia experimental

Data do Evento	I (mm/h)	Prec (mm)	Vol (m ³)	Vol (mm)	Coeficiente de runoff (C)
16/07/05	1,78	20,30	1297	0,04	0,002
21/08/05	4,27	19,06	3249	0,10	0,005
23/08/05	2,36	21,23	85002	2,56	0,121
10/09/05	4,69	33,64	77496	2,33	0,069
24/09/05	5,63	54,91	294179	8,86	0,161
04/10/05	5,00	102,53	1051780	31,68	0,309
13/10/05	3,83	19,15	8300	0,25	0,013
14/10/05	3,98	38,24	242456	7,30	0,191
21/10/05	2,68	16,51	61809	1,86	0,113
06/11/05	2,14	24,21	33083	1,00	0,041
24/11/05	8,33	30,56	9953	0,30	0,010
23/12/05	2,6	29,93	32199	0,97	0,032
08/01/06	23,38	52,60	5270	0,16	0,003
12/01/06	33,06	41,32	19824	0,60	0,014
23/01/06	6,24	67,48	31203	0,94	0,014
03/02/06	7,6	7,6	1992	0,06	0,008
27/03/06	3,16	11,69	4647	0,14	0,012
29/03/06	1,62	13,25	12282	0,37	0,028
23/04/06	2,64	48,11	97593	2,94	0,061
19/05/06	1,92	17,03	10290	0,31	0,018
25/06/06	5,24	53,5	32863	0,99	0,019
14/09/06	3,81	66,16	243319	7,33	0,111
05/11/06	3,83	90,65	443817	13,37	0,147
Média	6,08	38,25	121909	3,67	0,065

4.2.1 Hidrograma unitário com base nos eventos observados

O enfoque clássico para se estudar a relação chuva-vazão é através do hidrograma unitário (HU). O hidrograma unitário é definido como o hidrograma resultante de uma precipitação efetiva

de volume unitário, uniformemente distribuída no espaço, com intensidade constante no tempo, com duração característica Δt e que atinge toda a bacia hidrográfica.

Também foi determinado o hidrograma unitário com base nos eventos em que foram registradas precipitações e vazões no período. Foram selecionados alguns eventos e calculados os hidrogramas unitários dos diferentes eventos. Para sintetizar um único hidrograma unitário para a bacia os HU's foram posicionados com base nos picos, obtendo a média das ordenadas para cada intervalo de tempo. Ao selecionar os eventos para o cálculo do HU médio percebeu-se que eventos cuja intensidade da precipitação é pequena apresentam tempo de pico maior. A figura 7 mostra o HU médio da bacia obtido.

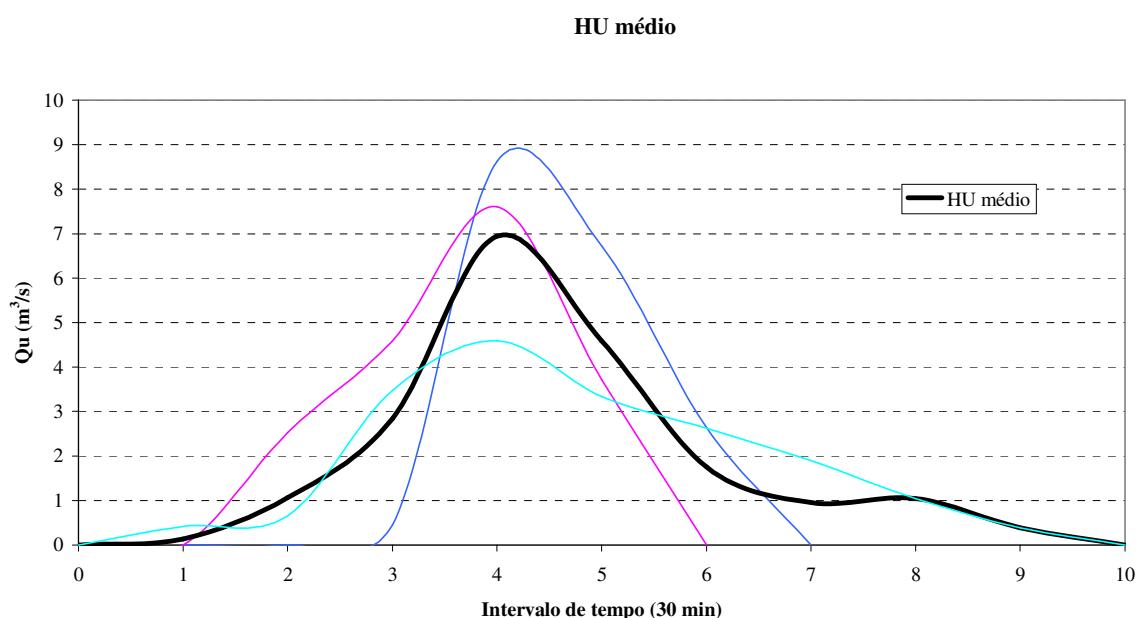


Figura 7 – Hidrograma unitário médio da Bacia.

4.3 – Qualidade da água

Os resultados das campanhas de amostragem de qualidade realizadas nos três pontos de monitoramento: à jusante e à montante da área de mineração e na saída do principal garimpo em atividade (ponto intermediário), foram comparados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, para corpos d'água de Classe 2, conforme tabela 3.

Quanto à análise do conteúdo orgânico, a concentração média de DBO encontrada nos pontos de montante e jusante foi muito pequena, abaixo dos limites de detecção do método de análise (2 mg/L). No ponto intermediário (na saída do garimpo) a concentração média de DBO foi 5 mg/L, com alguns valores variando entre 3 a 6 mg/L (limite da Classe 2 - 5 mg/L).

A relação DQO/DBO5 nos três pontos foi elevada, segundo Braile e Cavalcanti (1979 apud MACÊDO, 2001) isso significa que a fração inerte de poluição, ou seja, não biodegradável é alta. Confirmando o fato de que a principal fonte de contaminação não é orgânica, como já era esperado.

As concentrações de oxigênio dissolvido encontradas são, em geral, satisfatórias, com valores que indicam elevados percentuais da concentração de saturação, exceto no ponto de garimpo.

Os resultados obtidos no ponto de montante são inferiores ao limite da Classe 2 para coliformes termotolerantes: 1000 NMP/100 mL. No ponto de jusante o valor médio de coliformes termotolerantes foi 1114 NMP/100 mL, com valores variando de 374 a 2444 NMP/100 mL. E no ponto intermediário o valor médio foi 2818 NMP/100 mL, com valores variando de 358 a 7825 NMP/100 mL.

Os valores de pH mantiveram-se numa faixa de 6 a 8 com variações muito pequenas, dentro dos limites da classe 2.

Nos pontos de montante e de jusante os valores de condutividade elétrica foram baixos. No entanto na saída do garimpo os valores foram elevados: o valor médio de condutividade elétrica foi de 221 $\mu\text{s}/\text{cm}$, com valores variando de 204 a 239 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

As concentrações de: Alumínio total, Cobre total e Ferro total; foram elevadas nos três pontos de monitoramento se comparados com os limites da Resolução CONAMA 357/05, no entanto cabe ressaltar que os limites da Resolução são para Alumínio, Cobre e Ferro dissolvidos.

Para os três pontos de monitoramento as concentrações médias de Fosfato foram elevadas se comparadas com o limite da classe 2 para Fósforo total: 0,1 mg/L. As concentrações médias de Zinco total também foram superiores ao limite da Resolução CONAMA 357/05, nos três pontos. Os outros padrões de qualidade apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos por essa Resolução.

Observou-se um aumento nas concentrações no ponto de jusante dos seguintes elementos: Cálcio, Cobre, Ferro, Magnésio, Manganês, Sódio e Zinco, indicando a interferência da área de mineração.

Os valores de turbidez nos pontos de montante e jusante mantiveram-se bem abaixo do limite da classe 2 (100 UNT). Na saída do garimpo o valor médio foi de 91 UNT, com valores variando de 56 a 111 UNT. A figura 8 mostra o gráfico box-plot da distribuição dos valores desse parâmetro para os três pontos de amostragem. A reta indica o valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357 para Classe 2 (100 UNT). Constatou-se que nos pontos de montante e jusante os valores mantiveram-se bem abaixo do limite da classe 2. Enquanto na saída do garimpo 50% dos valores ficaram acima do limite para Classe 2.

Os valores de sólidos totais, dissolvidos, suspensos, fixos e voláteis foram mais elevados no ponto da saída do garimpo que nos pontos de jusante e montante. A concentração média de sólidos

dissolvidos no ponto de garimpo foi de 504 mg/L, com valores variando de 140 a 1586 mg/L, acima do limite da Resolução CONAMA 357/05 (500 mg/L).

Na Figura 3, observa-se o gráfico box-plot da distribuição dos valores de sólidos totais e constata-se que os valores no ponto de garimpo são bem superiores aos valores encontrados nos outros pontos, e cerca de 25% dos valores na saída do garimpo estão acima de 2000 mg/l.

Tabela 3: Características de qualidade da água.

Parâmetros	MONTANTE			GARIMPO			JUSANTE		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Temp (°C)	18,4	21,8	13,1	17,7	21,1	12,4	18,3	23,8	12,2
OD (mg/L)	7,4	8,4	6,1	4,7	6,2	3,2	5,6	6,3	5,1
DBO ₅ (mg/L)	0,9	2,4	0,0	5,1	6,1	3,2	1,6	2,3	0,4
DQO(mg/L)	4,6	6,2	2,1	18,7	28,2	4,0	5,1	10,4	1,5
Cond.(μ S/cm)	39	40	32	221	239	204	86	152	65
pH	7,1	7,4	6,9	7,3	7,9	7,0	7,3	7,5	7,2
ST(mg/L)	69	96	45	1519	4823	493	236	652	68
SS _T (mg/L)	35	63	5	1016	3689	251	144	464	6
SD _T (mg/L)	34	61	13	504	1586	140	92	187	54
SS _V (mg/L)	14	30	2	362	1234	56	50	183	2
SS _F (mg/L)	21	34	4	653	2455	155	94	281	4
Turb.(UNT)	13	34	4	91	111	56	22	42	6
CT (NMP/100mL)	2,2E+03	2,9E+03	1,4E+03	1,2E+04	4,8E+04	4,1E+03	9,5E+03	1,5E+04	2,0E+03
Ctt (NMP/100mL)	1,5E+02	2,6E+02	8,2E+01	2,8E+03	7,8E+03	3,6E+02	1,1E+03	2,4E+03	3,7E+02
Fosfato(mg/L)	0,409	0,809	0,017	1,091	2,171	0,024	0,472	0,958	0,017
Nitrato(mg/L)	0,459	0,781	0,162	1,123	1,780	0,423	0,504	1,237	0,193
Alcalinidade	13,5	14,5	12,0	75,9	80,4	70,0	21,1	22,6	18,4
Al (mg/L)	1,1557	2,1000	0,6686	0,9974	1,8000	0,5096	0,9833	1,8000	0,4212
Ca (mg/L)	2,8600	3,3000	2,3000	23,2600	50,6000	2,6000	6,4800	8,0000	4,7000
Cu (mg/L)	0,0121	0,0212	0,0009	0,0210	0,0414	0,0009	0,0130	0,0243	0,0009
Cr (mg/L)	0,0028	0,0024	0,0003	0,0034	0,0100	0,0003	0,0029	0,0100	0,0004
Fe (mg/L)	0,4600	0,8000	0,1000	0,9600	1,4000	0,3000	0,6600	1,0000	0,3000
Mg (mg/L)	0,7600	0,8000	0,6000	6,5000	8,0000	3,6000	1,6400	2,1000	1,3000
Mn (mg/L)	0,0049	0,0066	0,0028	0,0157	0,0360	0,0059	0,0061	0,0087	0,0034
Na (mg/L)	2,1800	2,6000	2,0000	6,7800	8,5000	4,8000	2,6800	3,0000	2,5000
Zn (mg/L)	1,3068	5,9000	0,0085	2,2084	10,4000	0,0109	1,3075	5,9000	0,0086

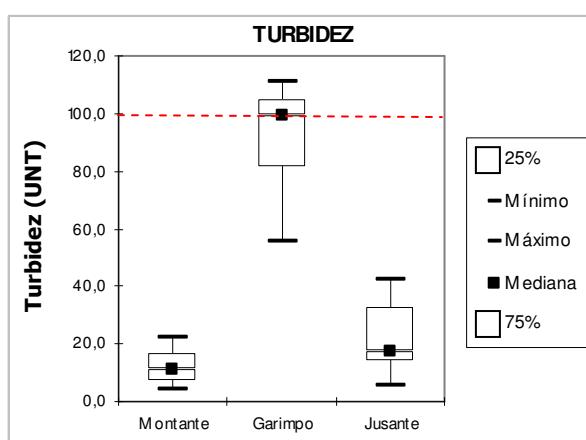


Figura 8 – Gráfico box-plot do parâmetro turbidez.

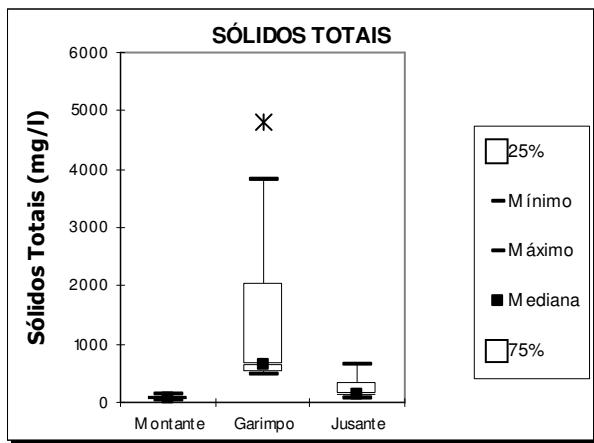


Figura 9 – Gráfico box-plot do parâmetro sólidos totais.

5 – CONCLUSÕES

Este trabalho mostra os primeiros resultados obtidos no monitoramento na Bacia Experimental do Lageado Grande, em São Martinho da Serra, onde são desenvolvidas as atividades de agropecuária e extração de pedras preciosas. Através da análise de alguns eventos selecionados foi possível fazer um estudo inicial do comportamento hidrológico da bacia no que se refere aos processos de transformação de chuva em vazão.

O modelo do Hidrograma Unitário é um método linear, pois admite o tempo de deslocamento da onda de cheia constante. Ao selecionar os eventos para o cálculo do HU médio percebe-se que eventos cuja intensidade da precipitação é pequena apresentam tempo de pico maior. Isso demonstra que eventos com intensidades diferentes têm tempo de deslocamento variável. É necessária a aplicação de modelos mais sofisticados que considerem outras características da bacia.

Quanto à análise de qualidade da água os resultados mostram que a contaminação orgânica, avaliada através da DBO, DQO, OD e Sólidos Voláteis, é muito pequena, mas com crescimento de montante para jusante da área de extração mineral. Quanto à contaminação bacteriológica, avaliada através dos coliformes totais e termotolerantes esta pode ser justificada pela atividade agropastoril que é desenvolvida no entorno das áreas de garimpo da bacia em estudo.

As concentrações elevadas de alguns metais como; Alumínio, Cobre, Ferro e Zinco e do Fosfato, podem ser devido às características do solo da bacia, mas cabe salientar que a atividade de garimpo aumentou os teores naturais de alguns desses parâmetros na água, devido à dissolução de compostos químicos, da rocha ou do solo na drenagem.

Os elevados valores de condutividade elétrica no ponto de garimpo indicam a presença de sais dissolvidos na água, de origem geoquímica. Além disso, houve um grande aumento nas concentrações de sólidos e turbidez após a área de extração mineral, devido aos grandes remanejamentos de rochas e movimentações de terra. A carga poluente consiste basicamente de

sedimentos, provenientes das atividades de garimpo e agropecuária, que são transportados para o corpo d'água durante o escoamento superficial.

Avalia-se os resultados obtidos como satisfatórios para os primeiros anos de implantação da bacia experimental, entretanto necessita-se de mais medições e a coleta de outras informações para que o projeto possa cumprir seus objetivos. A implantação de uma bacia experimental apresenta vários desafios e dificuldades devendo ser garantida sua continuidade por um período longo que resulte em informações consistentes.

AGRADECIMENTOS

À FAPERGS pelo auxílio à pesquisa; ao CNPq e à CAPES pelas bolsas de pesquisa, iniciação científica e mestrado concedidas; aos técnicos de laboratório Alcides Sartori e Thiago Augusto Formentini e aos alunos de iniciação científica Álisson Milani, Débora Missio, Fábio Mari Malqui, Felipe Dal'Masso e Letícia Zorzella pelo auxílio nos trabalhos de campo e análises de qualidade da água.

BIBLIOGRAFIA

- APHA, AWWA, WEF (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20.Ed., Washington DC: American Public Health Association.
- BRAKENSIEK, D.L.; OSBORN, H.B.; RAWLS, W.J. (1979) Field Manual for Research in Agricultural Hydrology. Beltsville: United States Department of Agriculture.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). (2005) Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 375, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF.
- FONTES, A. S.; ALVARES, D.; MEDEIROS, Y. D. P. (2004). Bacia experimental do Rio do Cedro: Implantação e primeiros resultados. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luis. Gestão Democrática e Sustentável das Águas.
- GOMES, J. A. A. Perspectiva de Desenvolvimento de Meio Rural em São Martinho de Serra com a Criação da COOMAR – Cooperativa Martinhense de Garimpeiros de Região Central. Santa Maria, 2004.
- MACÊDO, J.B. de. (2001) Métodos laboratoriais de análises físico-químicas & microbiológicas. Águas & Águas. Juiz de Fora – MG.
- MEDEIROS, V. M. A.; MOREIRA, L. F. F.; RIGHETTO, A. M. (2005) Modelagem do processo

chuva-vazão na bacia experimental de Serra Negra do Norte. RN – XVI Simpósio de R. H. João Pessoa.

MORAES, M. F. de (2007) Estimativa do Balanço Hídrico na bacia Experimental/Representativa de Santa Maria/Cambiocó - Município de São José de Ubá [Rio de Janeiro] XVIII, 233p. COPPE/UFRJ, D.Sc. Engenharia Civil). Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

RIGHETTO, A. M.; MEDEIROS, V. M. A.; MOREIRA, L. F. F. (2005) Implantação da Bacia Experimental de Serra Negra do Norte, RN. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa.

TUCCI, C.E.M. (Org.). (2000) Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH. 943p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

UMEZAWA, P.K. (1979) Previsão de deplúvio (washload) em rios de áreas elevadas. 1979. 217 p. Dissertação (Mestrado em Hidrologia Aplicada). Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VIERA, V.; MENDES, I. A.; ROBAINA, L. E. (2004) Zoneamento ambiental da bacia do Rio Ibicuí-Mirim (RS) – 2002. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5, ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 1, 2004, Santa Maria.

Tabela 4 – Símbolos utilizados.

Símbolo	Significado	Dimensão
A	Área de Drenagem	[L ²]
P	Perímetro da Bacia	[L]
Lp	Comprimento do Rio Principal	[L]
Lc	Coeficiente de Compacidade	[1]
Kf	Fator de Forma	[1]
Im	Declividade Média da Bacia	[L.L ⁻¹]
Q	Vazão	[L ³ .T ⁻¹]
H	Cota	[L]
I	Intensidade da Precipitação	[L.T ⁻¹]
Prec	Precipitação total	[L]
Vol	Volume escoado	[L ³]
C	Coeficiente de <i>runoff</i>	[1]
OD	Oxigênio dissolvido	[F.L ⁻³]
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxigênio	[F.L ⁻³]
DQO	Demanda Química de Oxigênio	[F.L ⁻³]
pH	Potencial Hidrogênionico	[1]
ST	Sólidos totais	[F.L ⁻³]
SSt	Sólidos suspensos totais	[F.L ⁻³]
SDt	Sólidos dissolvidos totais	[F.L ⁻³]
SSv	Sólidos suspensos voláteis	[F.L ⁻³]
SSf	Sólidos suspensos fixos	[F.L ⁻³]
Al	Alumínio	[F.L ⁻³]
Ca	Cálcio	[F.L ⁻³]

Cu	Cobre	[F.L ⁻³]
Cr	Cromo	[F.L ⁻³]
Fe	Ferro	[F.L ⁻³]
Mg	Magnésio	[F.L ⁻³]
Mn	Manganês	[F.L ⁻³]
Na	Sódio	[F.L ⁻³]
Zn	Zinco	[L]