

## PROBLEMAS OPERACIONAIS OBSERVADOS NO MONITORAMENTO HIDROLÓGICO DE PEQUENAS BACIAS RURAIS EMBUTIDAS

Joana Darc F. Medeiros<sup>1</sup>; Joel Avruch Goldenfum<sup>1</sup> & Nilza Castro<sup>1</sup>

**Resumo** – O Instituto de Pesquisas Hidrológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH-UFRGS) vem monitorando um conjunto de bacias embutidas no rio Potiribu, desde 1989. A bacia do rio Potiribu foi identificada como representativa do derrame basáltico sul-riograndense. Os doze anos de experiência na operação desta rede de monitoramento permitem enumerar os principais problemas operacionais observados, entre eles: nos pluviômetros, falta, acúmulo ou erro nas leituras e troca de datas; nos pluviógrafos mecânicos, falta ou erro na troca dos gráficos, falta de corda e problemas no relógio; nos pluviógrafos digitais, falha de comunicação entre o datalogger e o sensor, entupimento e pilha fraca; nas estações linimétricas mecânicas, excesso de umidade no papel, falta de corda, problemas de entupimento, e atraso ou adiantamento do relógio; e nas estações linimétricas digitais, falta de memória no datalogger, falta de bateria ou entupimento do canal de acesso. Foi constatado que a mudança de aparelhos mecânicos para digitais não resultou em melhora na disponibilidade de dados de precipitação nem reduziu a necessidade de manutenção em toda a rede. No entanto, nas estações linimétricas, a troca de equipamentos reduziu o número de falhas das estações linimétricas (de 18,2% para 4,7%).

**Abstract** – The Institute of Hydraulic research of the Federal University of Rio Grande do Sul (IPH-UFRGS) has been monitoring a set of nested basins in the Potiribu River Catchment, since 1989. The Potiribu Catchment was identified as representative of the basaltic plateau of Rio Grande do Sul State, Brazil. The twelve years of experience in the operation of this monitoring network allow listing the main observed operative problems, such as: for the pluviometers, reading lack or error and date changes; for the mechanical pluviographs, lack or error in graph replacement, and clock problems; for the digital pluviographs, communication failures between datalogger and sensor, clogging and battery problems; for the mechanical limnimetric stations, paper humidity excess, clogging and clock problems; for the digital limnimetric stations,

---

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH-UFRGS) - Av. Bento Gonçalves, 9500 – Agronomia CEP 91.510-970 Porto Alegre/RS - Caixa Postal 15029 - Fone: (51) 3316 6326 Fax (51) 3316 7509 - e-mail: joana@ppgiph.ufrgs.br, goldenfum@iph.ufrgs.br, castro@iph.ufrgs.br

datalogger lack of memory, access channel blockage and battery problems. It was observed that the change from mechanical to digital gauging devices neither provided improvement in rainfall data availability nor reduced the maintenance need in the network. However, the change from mechanical to digital gauging devices for the limnometric stations reduced the failures from de 18,2% to 4,7%.

**Palavras-chave** – Pequenas Bacias, Monitoramento

## **INTRODUÇÃO**

A adequada caracterização quali-quantitativa dos recursos hídricos em uma bacia hidrológica está diretamente relacionada com a quantidade e qualidade dos dados hidrológicos existentes. O monitoramento dos recursos hídricos no Brasil tem historicamente uma grande relação com o setor energético, mesmo atualmente com a transferência da rede de observação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) para a ANA (Agência Nacional de Águas). Este histórico fez com que a instalação e coleta de dados ocorram primordialmente em bacias de médio e grande porte e exista uma grande carência de dados hidrológicos em bacias com menos de 500 km<sup>2</sup>.

No entanto, para o completo entendimento dos processos hidrológicos em diferentes escalas é necessário o conhecimento destes processos na escala de vertente e de pequenas bacias hidrográficas. Neste sentido, o monitoramento das pequenas bacias reveste-se de fundamental importância para a complementação da rede de informações hidrológicas, além de sua natural vocação para o estudo do funcionamento dos processos físicos, químicos e biológicos atuantes no ciclo hidrológico (Goldenfum, 2001).

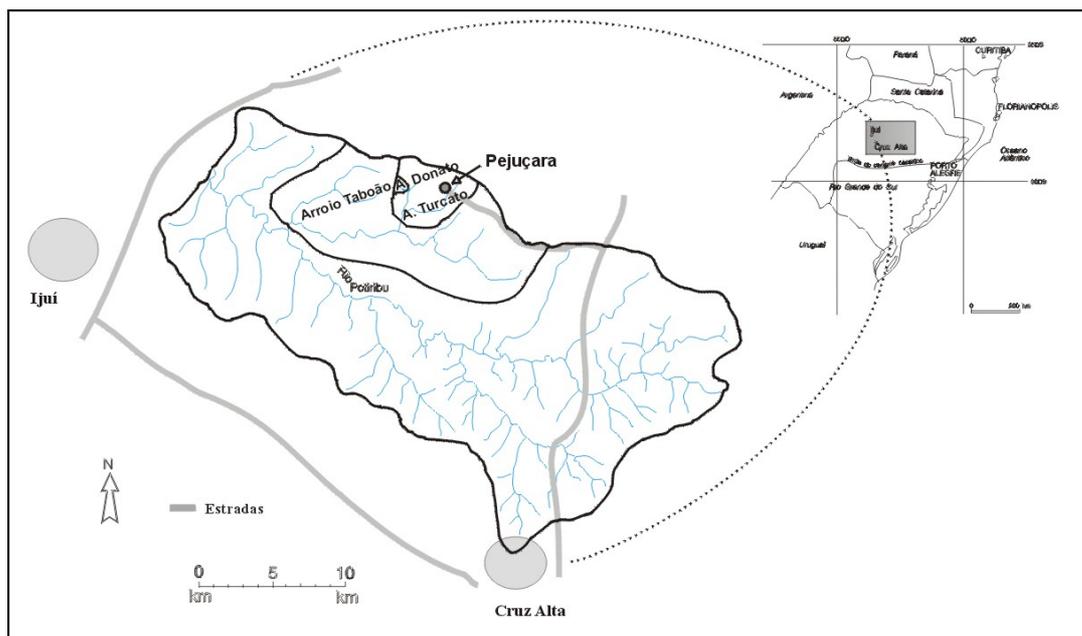
Segundo Paiva (2001) este monitoramento vem sendo realizado basicamente por grupos de pesquisas que trabalham com recursos hídricos no país, o que é o caso da bacia hidrográfica do rio Potiribu, monitorada pelo Instituto de Pesquisas Hidrológicas – IPH, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS desde 1989. O presente trabalho procura apresentar a experiência obtida na implantação e operação da rede de observação do Projeto Potiribu, após 12 anos de existência, dando enfoque principalmente aos problemas operacionais que comprometem a coleta de dados.

## **DESCRIÇÃO DAS BACIAS EXPERIMENTAIS**

A bacia do rio Potiribu localiza-se a noroeste do Estado do Rio Grande do Sul na posição central do derrame basáltico sul-americano (**Figura 1**), a aproximadamente 400 Km a noroeste de

Porto Alegre. O Rio Potiribu é um contribuinte da margem esquerda do Rio Ijuí, este último sendo afluente de margem esquerda do Rio Uruguai. Assim ele faz parte da bacia hidrográfica do Rio da Prata.

A bacia do Potiribu tem uma área total de 563 km<sup>2</sup>, e foi identificada como representativa de uma das regiões físico-climáticas do derrame basáltico sul-riograndense (Borges e Bordas, 1988). Ela é formada por várias sub-bacias embutidas, que vem sendo monitoradas pelo Projeto Potiribu desde 1989. A **Tabela 1** apresenta as características físico-morfológicas dessas bacias.



**Figura 1:** Localização das bacias experimentais (modificado de Castro et al., 2000)

**Tabela 1:** Características físico-morfológicas das bacias

Nome	Anfiteatro	Donato	Turcato	Rincão	Taboão	Potiribu
Latitude exutório	28°25'00" S	28°25'24" S	28°26'19" S	28°25'05" S	28°26'11" S	28°24'25" S
Longitude exutório	53°41'15" O	53°40'33" O	53°40'57" O	53°43'44" O	53°45'25" O	53°48'33" O
Altitude máx (m)	468,7	468,7	485	485	485	485
Altitude zero régua (m)	430,7	386,8	365,5	369,5	330,7	279,7
Área (km <sup>2</sup> )	0,125	1,10	19,5	16,8	105	563
Perímetro (km)	1,42	4,54	17,9	17,4	47,5	115
Desnível (m)	38,0	81,9	119,5	115,5	154,3	205,3
Ind. decl. global (m/km)	92,3	51,2	22,1	19,5	8,5	4,5

O clima da região, segundo Beltrame (2000), é do tipo *Cfa* pela classificação de Koeppen (mesotérmico brando superúmido sem seca). O regime pluviométrico é regulado pelo anticiclone úmido e quente do Atlântico Sul (Castro e Chevallier, 1993). A ocorrência de eventos frontais durante todo o ano causam tormentas de intensidade longa a moderada. A precipitação média anual do posto de Cruz Alta (IPAGRO, 1989) é de 1.729 mm, bem distribuída ao longo do ano.

No entanto, podem ser registrado anos extremos, principalmente quando da ocorrência de eventos de El Niño/La Niña, como por exemplo 1998 (2.252 mm) e 1991 (1.216 mm).

Os solos originários das rochas basálticas, predominantes na bacia, são bem desenvolvidos e profundos, podendo atingir mais de 15m. A maioria dos solos da região podem ser enquadrados como *Oxisolos*, com classificação intermediária entre *Latossolo Roxo* e *Terra Roxa* (EMBRAPA, 1999).

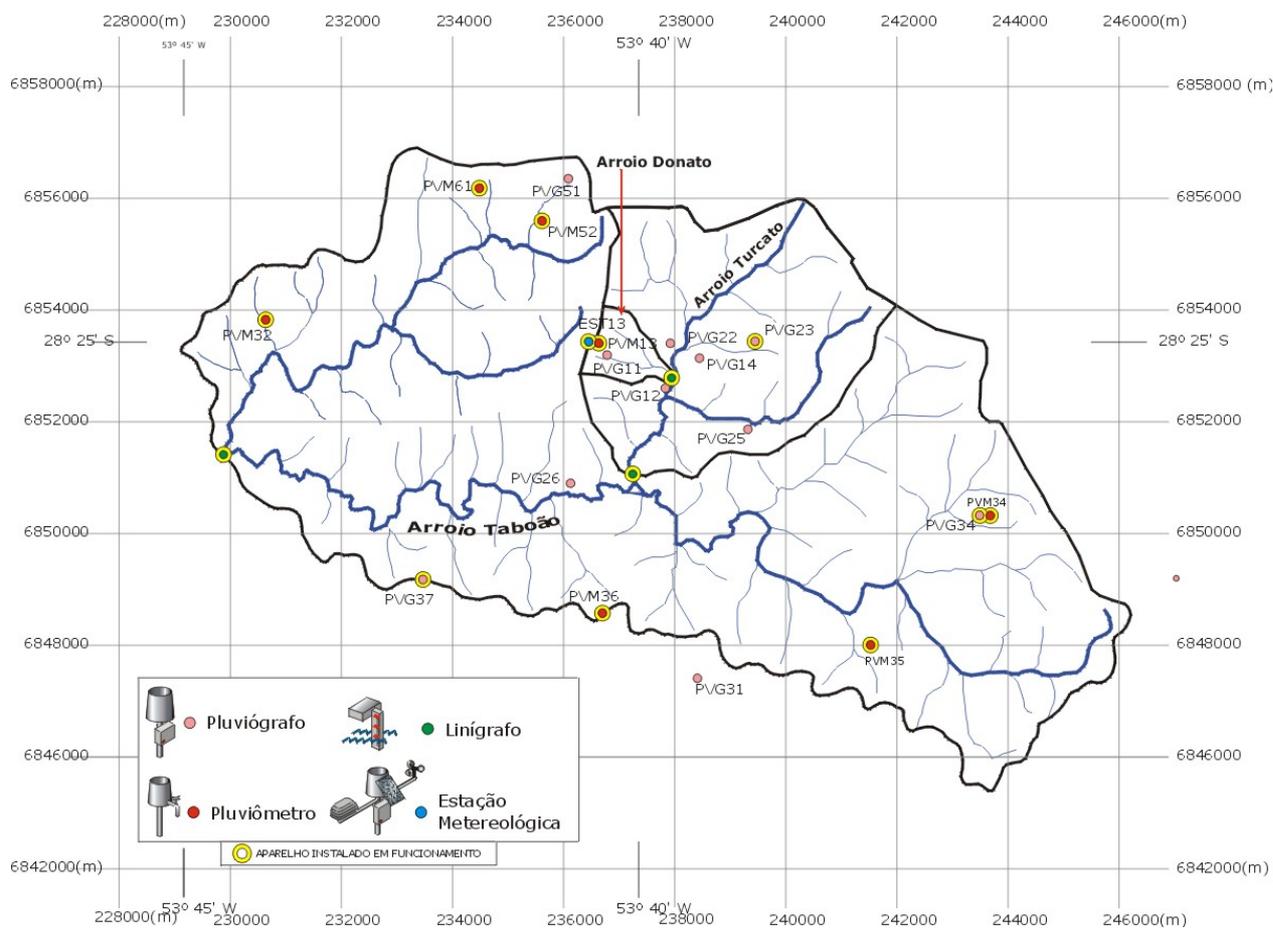
A região é um dos principais pólos produtores do estado do Rio grande do Sul, sendo as principais culturas a do trigo e aveia, no outono/inverno e a da soja e milho na primavera/verão. Apenas em uma pequena parte da bacia é desenvolvida a atividade pecuária. Práticas culturais agrícolas tradicionais (arração, gradagem, nivelção em terraços) foram utilizadas até 1994, causando sérios problemas de erosão e assoreamento de pequenas barragens. Hoje praticamente toda a bacia é cultivada com plantio direto, no qual os solos permanecem com cobertura vegetal o ano inteiro e o plantio é realizado por cima da palha da cultura anterior, sem revolvimento do solo.

As áreas ocupadas com mata nativa são ínfimas em toda a bacia, e vêm sendo gradativamente diminuídas pela ampliação das áreas ocupadas com lavoura/pastagem. Mendiondo (1995) apresenta as áreas ocupadas por diferentes coberturas vegetais nas bacias do arroio Taboão, Turcato e Donato.

## **REDE DE MONITORAMENTO**

O monitoramento da bacia do Potiribu iniciou-se em 1988 com a instalação dos primeiros instrumentos. Este monitoramento se concentrou na bacia do arroio Taboão (100 Km<sup>2</sup>), na qual todas as outras bacias estudadas encontram-se inseridas. Embora o número, tipo e localização dos instrumentos utilizados tenham variado ao longo do tempo, os dados coletados permitem uma caracterização dos principais processos hidrológicos da bacia.

Atualmente encontram-se em operação na bacia do arroio Taboão 03 (três) estações fluviométricas (Taboão, Turcato, e Donato), 03 pluviógrafos, 08 pluviômetros e uma estação meteorológica completa (**Figura 2**).



**Figura 2:** Localização dos postos de observação na bacia do arroio Taboão.

Além da rede de observação hidrometeorológica acima descrita, existem implantadas nas bacias hidrográficas do arroio Taboão, uma rede de sondas de TDR para monitoramento da variabilidade espacial e temporal da umidade do solo, piezômetros para monitoramento do nível do lençol freático e lisímetros para monitoramento das variáveis de entrada e saída do balanço hídrico.

Esse trabalho se concentra em descrever e avaliar a rede pluvi-hidrométrica da bacia do rio Potiribu, enfocando os problemas operacionais observados na manutenção desta rede.

## Rede Pluviométrica

Os primeiros pluviômetros (12 postos) foram instalados em 1989, quando do início dos estudos na bacia. Destes primeiros equipamentos, somente 03 (51,52 e 61) encontram-se em funcionamento. Em 1999 a rede passou por uma grande ampliação com a instalação de 08 novos aparelhos. Posteriormente, a rede vem sofrendo modificações, como mudanças de local em função da disponibilidade de observadores, desativação de postos por problemas técnicos, mudança de equipamentos devido a evolução tecnológica, e ampliações e adequações na rede

resultantes de avaliações periódicas. Castro et al. (2000) apresentam um histórico detalhado da rede pluviométrica da bacia do arroio Taboão até 1998. Em 1999, todos os pluviógrafos mecânicos em operação foram desativados e/ou substituídos por aparelhos digitais. A

Tabela 2 mostra as principais características das estações pluviométricas (pluviômetros e pluviógrafos), instaladas na bacia do arroio Taboão, considerando tanto os postos desativados como os em operação. Nesta tabela os postos em operação encontram-se em vermelho.

Os aparelhos atualmente em operação na bacia são de dois tipos :

- pluviômetros do tipo Ville de Paris com anel de 20 cm de diâmetro, colocado a uma altura de 1,50 m. Estes equipamentos são operados por observadores locais, voluntários. A leitura é realizada às 8 horas da manhã, sendo o valor lido datado como do dia anterior.
- pluviógrafos digitais com datalogger e sensor tipo caçamba com precisão de 0,2 mm. A capacidade de memória do datalogger é de 6.145 pontos. A precipitação é armazenada em intervalos de 10 minutos, no período do evento. Nos dias sem chuvas o datalogger registra apenas a data e o valor zero economizando memória. Desta forma, a capacidade de armazenamento do pluviógrafo passa a ser de vários meses. Estes equipamentos são operados por técnicos do IPH/UFRGS que transferem mensalmente os dados do datalogger utilizando um microcomputador portátil.

#### *Processamento dos dados*

Os dados provenientes de pluviômetros, após serem digitados e antes de serem arquivados, passam por uma análise de consistência rápida com o objetivo de identificar erros grosseiros. Estes dados encontram-se hoje todos em meio digital.

Os diagramas dos postos pluviográficos passaram por um exame visual para identificação de pontos característicos e posterior digitalização utilizando o programa GEDAC (Pedrolo, 1997). Atualmente os dados estão passando por uma crítica e correção de pontos julgados errados ou duvidosos. Após a digitalização dos diagramas os dados são acumulados para obtenção das chuvas diárias.

Os dados dos pluviógrafos eletrônicos já são captados em meio digital no formato de duas colunas, uma com data e hora e outra com alturas pluviométricas acumuladas no intervalo de tempo correspondente. A totalização dos dados é efetuada em planilha eletrônica.

Todos os dados de chuvas diárias (pluviômetros e pluviógrafos) passam por uma análise detalhada. Nesta etapa uma pré-consistência dos dados é efetuada, comparando-se os valores com os outros postos e corrigindo-se os erros, tais como: erro decimal, erro de atraso ou adiantamento do dia de chuva.

**Tabela 2:** Relação dos postos pluviômetros e pluviográficos.

Posto	nome posto	long. O	latitude S	tipo aparelho	data início	data fim	situação*	%lacuna
13	Alto Donato	53°41'14"	28°25'06"	Pluviômetro	27/06/90		O	1,8
21	Pejuçara Norte	53°38'57"	28°24'11"	Pluviômetro	06/09/89	31/04/1996	D	2,0
24	Turcato Central	53°40'17"	28°24'55"	Pluviômetro	08/11/89	10/05/90	D	-
32	Rincão do Jesus	53°44'34"	28°24'52"	Pluviômetro	12/12/90		O	2,3
34	Alto Taboão	53°36'12"	28°27'21"	Pluviômetro	17/12/90	14/04/97	T	5,8
		53°27'10"	28°26'53"	Pluviômetro	15/04/97		O	
35	Velha Estrada Cruz Alta	53°38'19"	28°27'46"	Pluviômetro	17/12/90		O	5,5
36	Granja das Castanheiras	53°41'06"	28°27'49"	Pluviômetro	01/01/91		O	4,8
52	Baixa Divisa	53°41'55"	28°24'08"	Pluviômetro	07/11/89		O	3,7
61	Santa Lúcia	53°42' 35"	28°23'39"	Pluviômetro	11/11/89	02/09/98	T	0,6
		53°37' 13"	28°26'55"	Pluviômetro	02/09/98		O	
62	Granja Santa Catarina	53°43'37"	28°25'04"	Pluviômetro	23/10/90	08/06/92	D	4,1
11	Donato Central	53°41'13"	28°25'15"	Lambrecht	29/11/89	25/04/91	T	26,7
				IH Hidromec3	25/04/91	17/01/96	D	
12	Baixo Donato	53°40'35"	28°25'35"	IH PLG 7S	07/11/89	14/12/90	D	6,6
14	Baixo Donato	53°40'12"	28°25'18"	IH PLG 7S	14/12/90	23/07/98	T	14,1
		53°40'31"	28°25'09"		23/07/98	16/07/99	D	
22	Alto Turcato	53°39'53"	28°24'02"	Lambrecht	10/11/89	30/09/95	D	47,4
23	Pejuçara Cidade	53°39'14"	28°25'05"	IH PLG 7S	21/08/89	06/11/89	T	20,0
		53°39'14"	28°25'05"	IH PLG 4	06/11/89	10/05/98	T	
		53°39'34"	28°25'10"	IH PLG 5	10/05/98	20/05/99	D	
23e	Pejuçara Cidade	53°39'36"	28°25'08"	eletrônico	20/05/99		O	27,5
25	Pejuçara Leste	53°39'41"	28°26'00"	Lambrecht	22/05/90	05/11/92	T	57,4
				IH Hidromec3	05/11/92	10/02/96	D	
26	Baixo Turcato	53°41'39"	28°26'29"	IH PLG 4	08/11/89	31/12/95	D	1,5
31	Fazenda Três Irmãos	53°40'18"	28°28'24"	IH PLG 7S	28/08/89	12/05/94	D	9,1
33	Granja Santa Maria	53°35'00"	28°27'32"	Jules Richard	19/12/90	27/09/91	D	14,7
34e	Alto Taboão PVG	53°37'09"	28°26'53"	eletrônico	20/05/99		O	14,7
37	Foz do Taboão	53°45'17"	28°26'14'	SIAP	09/01/91	09/04/94	D	34,1
		53°45'17"	28°26'14'	eletrônico	20/05/99	30/05/01	T	
37e	Foz do Taboão	53°43'18"	28°27'23'	eletrônico	30/05/01		O	11,8
38	Foz do Taboão				22/05/94	30/04/95	D	7,2
51	Alta Divisa	53°41'36"	28°23'32"	IH PLG 7S	28/08/89	20/12/99	T	14,2
		53°41'29"	28°23'32"		20/12/99	30/09/00	D	
EST13	Antoninho	53°41'25"	28°25'07"	eletrônico	20/05/99		O	27,5

\* O – operação, D – desativada e T - transferida

Todos os dados de chuvas diárias (pluviômetros e pluviógrafos) passam por uma análise detalhada. Nesta etapa uma pré-consistência dos dados é efetuada, comparando-se os valores com os outros postos e corrigindo-se os erros, tais como: erro decimal, erro de atraso ou adiantamento do dia de chuva.

A **Tabela 3** mostra os dados disponíveis para cada um dos postos pluviométricos e pluviográficos da bacia do arroio Taboão. Os valores representam o número de meses com falhas, tendo sido considerado que um mês é falho se tem pelo menos um dia com falha no mês. Observa-se que grande parte das estações apresenta mais de 20% de falhas no período de funcionamento, sendo que 04 postos (11, 22, 25 e 37) têm mais de 50% de falhas. Deve-se salientar, no entanto, que os postos que apresentam maior percentagem de falhas são exatamente os que funcionaram por um curto período de tempo. Os postos com série histórica superior a 10 anos, mais importantes do ponto de vista de caracterização hidrológica, apresentam percentual de falhas entre 11% (posto 52) e 28% (posto 35).

**Tabela 3:** Inventário mensal dos dados de pluviometria disponíveis

ano	Postos																											
	11	12	13	14	21	22	23	25	26	31	32	33	34	35	36	37	51	52	61	62	63	13es	23e	34e	37e			
1990	10	2			1	9	1		1	3						1	3	2										
1991	3		2	4	2	6	1		0	4	3	5	2	4	7	5	0	1	1	3	4							
1992	3		1	8	3	7	2		5	1	1		5	5	2	10	2	1	0		10							
1993	3		0	8	3	11	4	8	3	2	0		0	1	0	8	3	0	0		5							
1994	8		0	7	1	9	5	9	10		3		1	6	1		2	3	2		2							
1995	10		1	1	0		5	11	8		3		2	5	4		0	0	0									
1996			1	2	1		4				2		0	3	0		0	0	2									
1997			2	4			9				0		1	2	1		1	1	2									
1998			0	1			11				3		1	1	3		4	0	3									
1999			3								1		3	2	5		5	0	2									
2000			2								2		9	6	5		6	6	5				5	0	0	1		
2001			5								2		3	4	3		5	2	4				7	3	5	1		
2002			1								2		1	1	1		12	0	2				6	2	1	3		
% falhas	51	17	13	36	13	70	39	78	38	21	15	42	19	28	22	64	26	11	16	25	44	50	17	19	19			

Com relação a períodos contínuos de dados sem falhas, pode-se verificar que praticamente nenhuma estação tem mais de 02 (dois) anos de série contínua. Apenas o posto 52 conta com uma série de 5 anos de dados (de 1995 a 1999) com falha em apenas um mês. Para contornar este tipo de problema, pode-se utilizar a série de dados após um amplo trabalho de preenchimento de falhas, uma vez que os períodos de falhas não são coincidentes.

No caso das estações pluviográficas eletrônicas tem sido registrado mais de 15% de falhas em todos os postos, sendo que a estação meteorológica, por possuir um maior número de sensores e, portanto, ser um equipamento mais complexo, apresenta um percentual de falhas bem elevado (50%).

Comparando o percentual de falhas entre os diferentes tipos de equipamentos utilizados (pluviômetros, pluviógrafos mecânicos e pluviógrafos eletrônicos) (**Tabela 4**) verifica-se que a troca de aparelhos mecânicos para automáticos resultou numa melhora pequena na disponibilidade de dados, principalmente quando se considera a relativa juventude dos aparelhos eletrônicos. Os pluviômetros apresentam uma baixa percentagem de falhas em termos diários (5,0%). No entanto, deve-se lembrar que as falhas nos pluviômetros normalmente ocorrem nos

dias de eventos, uma vez que nos dias sem chuva dificilmente se tem falhas nos pluviômetros, enquanto que as falhas nos aparelhos mecânicos ou eletrônicos são totalmente aleatórias.

**Tabela 4:** Efeito da mudança de aparelhos na disponibilidade de dados de precipitação.

	dias em func.	dias com lacuna		meses em func.	meses com lacuna	
		Nº	%		Nº	%
TODOS	3679	307	15,1	80	23	36,6
PLUVIÔMETROS	3351	108	5,0	110	19	28,6
PVG MECÂNICO	4397	450	20,8	68	28	42,8
PVG ELETRÔNICO	1310	215	16,5	43	8	29,1

### *Problemas Operacionais*

O elevado número de falhas observadas na **Tabela 3** é ocasionado por variados problemas operacionais, tanto em pluviômetros convencionais quanto em aparelhos automáticos. A experiência de 12 anos na operação desta rede de observação permite enumerar alguns dos problemas mais freqüentes, sem que se tenha a pretensão de esgotar o assunto.

Nos pluviômetros, as principais causas de lacunas na coleta de dados estão relacionadas com o observador, que por razões pessoais, na maioria dos casos, não pode se deslocar até o aparelho e efetuar a leitura. Em algumas situações, observa-se o registro de precipitação acumulada de um ou dois dias, ou às vezes até semanas. Nestes casos, os observadores mais antigos tendem a distribuir a chuva registrada utilizando critérios pessoais. Outro problema comum é a defasagem nas leituras, ou seja, uma chuva que deveria ter sido registrada num determinado dia é anotada no dia seguinte ou anterior. Ainda relacionado com o observador, é comum a ocorrência de erros de leitura. Os observadores são freqüentemente agricultores com baixo grau de escolaridade e pouca familiaridade com números decimais. Essa deficiência faz com que ocorram erros de registros com a adição de um ou mais zeros na leitura ou colocação imprecisa do ponto decimal.

Nos instrumentos automáticos mecânicos, substituídos em 1999, as fontes de falhas se originam em dois pontos: um no operador, que não efetua a devida troca de gráficos ou a realiza de forma errada, causando defasagens de tempo ou, ainda, não dá corda no aparelho; outro no próprio instrumento, que, por ser composto por muitas partes móveis e sensíveis e estarem expostos no campo, apresentam freqüentemente problemas de manutenção, principalmente erro no relógio. Castro et al. (2000) fazem uma descrição detalhada dos problemas operacionais observados na rede pluviográfica da bacia do arroio Taboão até 1998.

A troca dos pluviógrafos mecânicos pelos digitais, em 1999, não trouxe, na prática, redução na necessidade de manutenção e ocorrência menor de falhas. Mesmo não sendo necessária a

presença de um observador em campo, nem a troca de diagramas, os instrumentos digitais apresentam outros tipos de problemas, o que pode gerar um grande número de lacunas nas séries históricas. Dentre os problemas mais frequentes observados com os pluviógrafos digitais encontra-se o sistema de comunicação entre o datalogger e o sensor, tornando relativamente frequentes as falhas por falta de registro. O sistema de alimentação de energia através de pilha provoca algumas falhas devido a não uniformidade da vida útil das mesmas, fazendo com que um determinado pluviógrafo deixe de funcionar antes dos demais.

Foi constatado também um sério problema de entupimento do sensor por excremento de pássaros. O fato dos pluviógrafos estarem instalados numa área agrícola, no meio da cultura, faz com que o pluviógrafo se torne um local de pouso preferencial de pássaros, e, conseqüentemente, local de acúmulo de seus excrementos. Para solucionar este problema foram confeccionadas peneiras (**Figura 3**) para os mesmos. Este tipo de problema ocorria com menor freqüência nos aparelhos mecânicos pois o orifício de entrada da água era maior.



**Figura 3:** Peneiras nos pluviógrafos.

### **Rede Fluviométrica**

A rede de estações fluviométricas iniciou-se em 1989 com a instalação de linígrafos no enxutório das bacias do Donato, Turcato. Posteriormente a rede foi ampliada com a implantação de estações no Taboão, Rincão e Anfiteatro. Destas encontram-se atualmente em operação os linígrafos do Donato, Turcato e Taboão. A **Tabela 5** mostra os tipos de equipamentos utilizados em cada estação fluviométrica com as respectivas datas de funcionamento. As características técnicas dos linígrafos mecânicos usados são descritas na **Tabela 6**. Em 1999, os aparelhos

mecânicos da rede hidrométrica original foram substituídos por aparelhos eletrônicos da Global Water, modelo WL 14, com alcance de 0 a 8,5 m e precisão de 0,1%.

**Tabela 5:** Equipamentos dos postos hidrométricos.

Código	Nome	Data início	Data fim	Aparelho		
				marca	tipo	redução
01	Donato	11/11/89 19/05/99	16/05/99	IH GW	LNG7 WL 14	1/10
02	Turcato	11/11/89 22/07/98 01/05/99	12/12/95 30/04/99	IH UH GW	LNG7 LNG7 WL 14	1/10 1/10
03	Taboão	10/01/02		GW	WL 14	
04	Andorinhas	10/11/89 30/10/91	30/10/91 25/05/92	OTT OTT	10 R20	1/10 1/10
06	Rincão	09/01/91	06/04/92	IH	LNG7	1/10
07	Anfiteatro	23/07/92	14/08/01	IH	LNG7	1/5

**Tabela 6:** Características técnicas dos linígrafos usados

Aparelho	Tipo de sensor	Suporte de gravação	Periodicidade	Velocidade (mm/h)	Valor da redução
IH LNG7	bóia	transportador de carta mecânico	mensal	10	1/5 ou 1/10
OTT R20	bóia	transportador de carta mecânico	mensal	4	1/5 ou 1/10
OTT 10	bóia	tambor	semanal	2	1/10

### *Processamento dos dados*

Até 1998 todos os linígrafos eram mecânicos com bóia e registravam os níveis da água ao longo do tempo em rolos de papel que eram posteriormente processados. As etapas de processamento dos linigramas são descritas em detalhes por Castro et al. (2000). Com a instalação de linígrafos digitais em 1998, o processamento dos dados passou a ser bem mais simples e consta basicamente na coleta dos dados em campo com o auxílio de um computador portátil (**Figura 4**) e processamento dos dados em escritório para transformação da cota em vazão através das respectivas curvas-chave. Todas as estações linimétricas da bacia do Taboão apresentam curvas-chave ajustadas.



**Figura 4:** Coleta de dados no campo.

Com respeito ao processamento de dados, o tipo de equipamento utilizado pelo Projeto Potiribu pode gerar dois tipos de problemas que devem ser identificados e corrigidos antes dos dados serem armazenados. O mais freqüente e que pode provocar sérios problemas é o fato do datalogger, quando acaba a memória, superpor o primeiro registro. Outro problema ocorre na mudança de ano, os dados coletados no ano anterior são registrados como sendo do ano em curso se a transferência dos dados for realizada no início do novo ano. Existe ainda um problema advindo da sensibilidade do sensor de pressão, criando oscilações na leitura do nível.

A **Tabela 7** apresenta um inventário dos dados de cota e vazão disponíveis para as estações fluviométricas da bacia do arroio Taboão. Observa-se que o problema de lacunas nas séries históricas ocorre em todas as estações e pode ser significativo, uma vez que nenhuma das estações monitoradas conta com um ano de dados contínuos. Isto dificulta o uso destas séries para ajuste e validação de modelos hidrológicos. Ocorreram anos críticos, como 1990, 1995 e 1997, quando a operação das estações limimétricas ficou bastante comprometida, com percentagens de falhas superiores a 20% em todas as estações em operação. Por outro lado, em 1996, as duas estações em funcionamento (Anfiteatro e Donato) apresentam percentual de falhas inferior a 5%, o que pode ser considerado muito bom. É importante lembrar, nesta avaliação, que os anos críticos sempre coincidem com períodos de carência de verbas públicas, que associada à distância da bacia a Porto Alegre (400 Km), dificulta o deslocamento dos técnicos para realização das campanhas mensais de manutenção.

Para avaliar o efeito da mudança de aparelhos mecânicos para eletrônicos, calculou-se o percentual de falhas nos dois períodos (**Tabela 8**). Observa-se que a mudança de equipamento teve uma forte influência positiva sobre a disponibilidade de dados linimétricos, com uma queda significativa no percentual de falhas. Na estação do Donato, o percentual de falhas caiu de 19.4% com aparelho mecânico para 3.2% no aparelho eletrônico.

**Tabela 7:** Inventário mensal dos dados instantâneos de cota e de descarga disponíveis.

Ano	Anfiteatro		Donato		Turcato		Taboão	
	Nº dias	%	Nº dias	%	Nº Dias	%	Nº dias	%
1989			0.0	0.0	0.0	0.0		
1990			138.0	37.8	111.0	30.4		
1991			72.0	19.7	111.0	30.4		
1992	0.0	0.0	8.0	2.2	126.0	34.5		
1993	88.0	24.1	20.0	5.5	45.0	12.3		
1994	77.0	21.1	128.0	35.1	53.0	14.5		
1995	89.0	24.4	104.0	28.5	98.0	26.8		
1996	13.0	3.6	9.0	2.5				
1997	165.0	45.2	77.0	21.1				
1998	79.0	21.6	67.0	18.4	16.0	4.4		
1999	104.0	28.5	43.0	11.8	43.0	11.8		
2000	78.0	21.4	22.0	6.0	9.0	2.5		
2001	19.0	5.2	2.0	0.5	25.0	6.8		
2002			18.0	4.9	31.0	8.5	135.0	38.1

**Tabela 8:** Efeito da mudança de aparelhos na disponibilidade de dados.

	Donato			Turcato		
	Nº lacuna	Nº dias	%	Nº lacuna	Nº Dias	%
TODOS	47.0	708.0	14.8	58.0	668.0	13.9
MECÂNICO	33.0	666.0	19.2	40.0	597.0	17.3
ELETRÔNICO	14.0	42.0	3.2	18.0	71.0	6.3

### *Problemas operacionais*

Castro et al. (2000) listam os principais problemas operacionais encontrados na rede fluviométrica do Projeto Potiribu no período em que os linígrafos eram todos mecânicos, entre eles : problema de excesso de umidade no papel, fazendo com que este o papel não desenrole normalmente e tranque no linígrafo; falta de corda no linígrafo por atraso nas visitas de rotina, geralmente por falta de verba ou pessoal; problema de entupimento do cano de tomada d'água do linígrafo causando registro errado do escoamento e problemas de atraso ou adiantamento do relógio do linígrafo.

A operação dos linígrafos digitais no período de 1998 a 2002 permite listar alguns dos problemas operacionais mais comuns encontrados na rede. A forma como as estações foram projetadas, com coleta de dados via microcomputador e fonte de energia a partir de baterias, fazem com que a presença do técnico em campo mensalmente seja imprescindível. Isto faz com

que sempre que existam problemas logísticos e o técnico não possa se deslocar até a bacia na data programada ocorram lacunas, seja devido a falta de memória no datalogger ou devido a falta de bateria. Este tipo de lacuna na série pode ser diminuído significativamente com a instalação de painéis solares, o que diminuiria a dependência da bateria e instalação de alguma forma de comunicação entre a estação e o IPH (celular ou satélite) para transferência de dados.

Outro problema freqüente e bem mais difícil de ser solucionado, também observado nos pluviógrafos mecânicos, é a ocorrência de entupimento no canal de acesso ao sensor. Mesmo sendo realizada limpeza mensal do linígrafo com o auxílio de uma moto-bomba (**Figura 5**), foram observadas falhas no registro de dados devido a entupimentos.



**Figura 5:** Limpeza do linígrafo.

## CONCLUSÃO

A bacia hidrográfica do rio Potiribu vem sendo monitorada, desde 1989, pelo Instituto de Pesquisas Hidrológicas – IPH/UFRGS. Os doze anos de experiência na operação desta rede de monitoramento permitem enumerar os principais problemas operacionais que resultam em lacunas nas séries de dados hidrometeorológicos. Nos postos pluviométricos os problemas mais freqüentes estão normalmente associados ao observador (falta ou acúmulo de leituras, erros de data ou de pontos decimais). Nos pluviógrafos mecânicos, as fontes de falhas se originam tanto no operador (deixa de trocar os gráficos ou troca de forma incorreta, ou deixa de dar corda no aparelho) quanto no próprio instrumento (atraso ou adiantamento do relógio). A troca dos pluviógrafos mecânicos para digital não resultou em redução na necessidade de manutenção, sendo os problemas mais freqüentes a falta de comunicação entre o datalogger e o sensor, entupimento e falta de pilha.

Nas estações linimétricas, as vantagens do uso de aparelhos digitais são mais significativas. Mesmo sendo necessária a presença mensal de técnicos em campo para campanhas de manutenção, a troca de equipamentos resultou numa melhora na disponibilidade de dados, com o percentual de lacunas passando de 18,2% em aparelhos mecânicos para 4,7% em digitais.

O elevado percentual de lacunas observado nas séries de dados do Projeto Potiribu (36,6% nos dados de precipitação) não deve ser inibidor de projetos desta natureza, pois mesmo tendo que conviver com uma gama de problemas operacionais, tanto de caráter técnico quanto administrativo, este tipo de experiência, por parte de grupo de pesquisas, possibilita um melhor entendimento dos processos hidrológicos que ocorrem na bacia, uma vez que estimula um maior contato do técnico com a rotina diária de coleta e processamento dos dados hidrológicos.

## **AGRADECIMENTOS**

Nossos sinceros agradecimentos a todos aqueles que são ou foram observadores do projeto, sem eles não seria possível o monitoramento dos dados pluviométricos. Aos agricultores que gentilmente permitem a instalação de aparelhos e realização de experimentos em suas terras (Antoninho Zambra, Abílio Cadore, Costa Beber) nosso muito obrigado. Nosso sincero agradecimento aos hidrotécnicos do IPH pela dedicação. Agradecemos também o apoio financeiro das seguintes entidades: CNPq, CAPES, RECOPE/REHIDRO, FINEP, CT-HIDRO, Prefeitura de Pejuçara.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Beltrame, L. F. de S. (coord.). 2000. Consistência de Dados Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Alto Uruguai, Sub-Bacia 75. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.
- Borges, A L. de O, Bordas, M.P. 1988. Choix de bassins représentatifs et expérimentaux pour l'étude de l'érosion sur le plateau basaltique sudaméricain. Sediment Budgets (proceedings of the Porto Alegre Symposium). IAHS Publ. 174, 161-169.
- Castro N.M.R. 1992. Formação das cargas sólidas em suspensão em pequenas bacias rurais do derrame basáltico sul-rio-grandense. Porto Alegre: UFRGS-Curso de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Diss. Mestr. Engenharia Civil, 140 p.
- Castro, N., Chevallier, P. 1993. Funcionamento hidrossedimentológico de uma Terra Roxa Estruturada. In: Simpósio brasileiro de recursos hídricos, 10, Gramada, 1993, Anais, Porto Alegre: ABRH, v.2, p.456-465.

- Castro, N.M.; Cheval.er, P. e Goldenfum, J.A. 2000. Projeto Potiribu, atualização 1989-1998: dados básicos de fluviométria e pluviometria. Porto Alegre. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. (Recursos Hídricos Publicação, n. 35).
- EMBRAPA. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solo. Brasília: Embrapa, 412p.
- Goldenfum, J.A. 2001. Pequenas bacias hidrográficas: conceitos básicos. In: Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Paiva, J.B e Paiva, E.M.C.D. (ed.). Porto Alegre : ABRH
- IPAGRO, 1989. Atlas agroclimático. Rede metorológica. estado do Rio Grande do Sul, 3, mapa nº 232.
- Mendiondo, E. 1995. Integração das escalas hidrológicas nas sub-bacias embutidas do Rio Potiribú, RS. Porto Alegre: Pós-grad. Rec. Hidr., IPH, Diss. Mestrado Eng. Civil, 247p.
- Paiva, E.M.C.D. 2001. Rede de monitoramento hidrológico. In: Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas. Paiva, J.B e Paiva, E.M.C.D. (ed.). Porto Alegre: ABRH.
- Pedrollo, O C. 1997. Gerenciamento de Dados Contínuos : Manual do Usuário: Versão 1.0. Porto Alegre : Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 58p.