

MONITORAMENTO TELEMÉTRICO DE PARÂMETROS HIDROMETEOROLÓGICOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

*Flavio Conde¹; Kleber Lopes da Rocha Filho²; Cristiane Pires Andrioli³; Mario Tadeu Leme
de Barros⁴*

RESUMO – O presente artigo, traz um breve histórico de sistemas de monitoramento por telemetria e sua importância frente a eventos hidrológicos. Descreve-se também os instrumentos utilizados atualmente neste tipo de monitoramento, bem como modos de transmissão, sistema de coleta, armazenamento e disponibilização dos dados hidrometeorológicos. São mostrados, as diferentes redes telemétricas operadas pelo Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo - SAISP, assim como o objetivo de cada uma destas redes.

ABSTRACT - This article, provides a brief history of telemetric systems for monitoring and its importance before the severe hydrological events. It also describes the tools currently used in this type of monitoring, and modes of transmission, sample, storage and display of hydrometeorological data. It's also shown, the different networks operated by telemetric SAISP (Flood Warning System of São Paulo) as well as the objectives of each of these telemetric networks..

Palavras Chave: Telemetria, Sistema de Alerta a Inundações, Sensores Remoto

1. INTRODUÇÃO

A palavra telemetria tem sua origem na união de duas palavras gregas, TELE significa remoto e METRON significa medida, portanto telemetria significa realizar medições a distância ou em local remoto.

A telemetria nasceu da necessidade de se realizar medidas em lugares inacessíveis ou de difícil acesso e tem como marco inicial o ano de 1876, quando o físico James Maxwell demonstrou teoricamente a provável existência das ondas eletromagnéticas.

O primeiro registro de um sistema de telemetria instalado foi em 1912, em Chicago, que utilizava linhas telefônicas para a transmissão de dados obtidos na operação de um sistema de potência, enviando os dados a um escritório central (CAPARELLI, 2007).

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) o primeiro sistema de telemetria foi

¹ Coordenador técnico do SAISP, Av. Professor Lúcio Martins Rodrigues 120, 05508-020, São Paulo. E-mail: conde@saisp.br;

² Meteorologista do SAISP, Av. Professor Lúcio Martins Rodrigues 120, 05508-020, São Paulo. E-mail: kleber@saisp.br;

³ Meteorologista do SAISP, Av. Professor Lúcio Martins Rodrigues 120, 05508-020, São Paulo. E-mail: cristiane@saisp.br;

⁴ Professor Titular Escola Politécnica da USP, Av. Professor Lúcio Martins Rodrigues 120, 05508-020, São Paulo E-mail: mtbarros@usp.br

implantado no ano de 1976, devido a fortes chuvas ocorridas entre os dias 28 e 29 de janeiro deste mesmo ano e que provocou a elevação do nível d'água no reservatório Guarapiragna a níveis considerados perigosos (NAKAE, 1978). Este evento mostrou a necessidade de um monitoramento em tempo real dos parâmetros hidrológicos chuva e nível para que situações como a ocorrida em 28 de 29 de janeiro não voltassem a acontecer.

De maneira pioneira o DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) começou o monitoramento de parâmetros hidrológicos, em tempo real. Esta primeira rede implantada foi chamada de Rede Piloto de Telemetria e era composta por 5 postos, sendo dois pluviométricos e 3 fluviográficos. A Tabela 1 apresenta os nomes dos postos, a variável hidrológica observada e a forma de transmissão dos dados.

Tabela 1 – Rede Telemétrica Piloto implantada no ano de 1976.

TIPO	NOME	FORMA DE ENVIO
Pluviométrico	Bom Retiro	Linha Privada
Pluviométrico	Cambuci	Linha Privada
Pluviométrico	Reservatório Ponte Nova	Via Rádio para Mogi das Cruzes
Fluviografo	Reservatório Taiaçupeva	Via Rádio para Mogi das Cruzes
Fluviografo	Estaleiro Tietê em Mogi das Cruzes	Via Rádio para Mogi das Cruzes

O Sistema de Alerta à Inundações do Estado de São Paulo tem o início de suas atividades com a implementação desta primeira rede telemétrica e passou a ser responsável pelo monitoramento em tempo real dos parâmetros de chuva e nível da bacia do Alto Tietê.

Com o passar dos anos a rede de monitoramento do Alto Tietê foi sendo ampliada e a tecnologia de telemetria aplicada a esta rede foi sendo utilizada em outros tipos de monitoramento, como o monitoramento dos sistema de abastecimento de água da RMSP.

Este artigo tem como objetivo descrever o sistema de monitoramento telemétrico utilizado pelo SAISP e apresentar as 4 principais redes de monitoramento em atividade no SAISP.

2. SISTEMA DE MONITORAMENTO TELEMÉTRICO DO SAISP

O monitoramento telemétrico empregado atualmente pelo SAISP pode ser dividido em 4 passos: Medição Primária; Aquisição do dado; Transmissão e Uso do Dado. A figura 1 mostra o esquema de telemetria empregado pelo SAISP.



Figura 1 – Esquema da telemetria empregado pelo SAISP.

2.1 Medição Primária

A medição primária é a observação de parâmetros hidrológicos medidos por sensores que detectam modificações em um fenômeno natural e os convertem em sinais elétricos para que sejam coletados pela unidade remota.

O SAISP realiza o monitoramento primários dos seguintes parâmetros hidrológicos: Precipitação, Nível D'Água, Qualidade da Água (pH, turbidez, óxido redução, oxigênio dissolvido e temperatura), Variáveis Atmosféricas (Pressão, Umidade Relativa, Temperatura, Direção e Velocidade do Vento).

2.1.1 Precipitação

A precipitação é medida por um transdutor chamado pluviômetro. A água da chuva é coletada por um cilindro padrão e armazenada num recipiente tipo caçamba basculante, que bascula ao atingir o volume de água correspondente a 0,1 mm de chuva. Neste recipiente está acoplado um ímã que, no movimento de basculação, passa por um relé emitindo um sinal para a estação remota (ER) que incrementa 0,1 mm ao valor armazenado. A frequência de aquisição dos dados é de 10 em 10 minutos.

A Figura 2 mostra o esquema de funcionamento de um pluviômetro (a), um pluviômetro instalado (b) e o interior do pluviômetro (c).

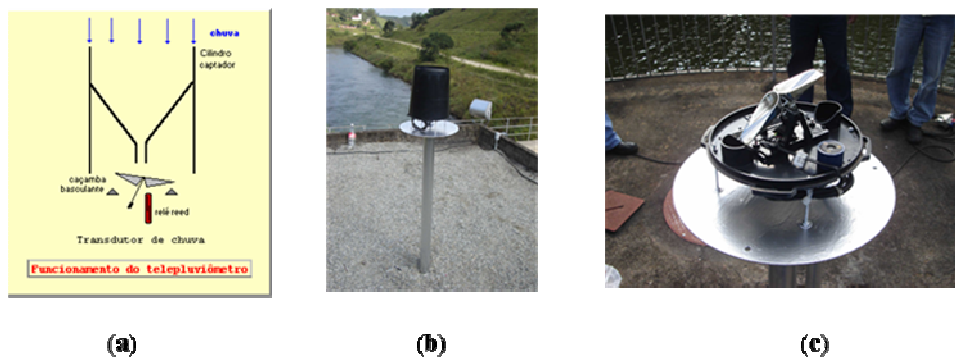


Figura 2 – Esquema de funcionamento um pluviômetro (a), instalação do pluviômetro (b) e interior do pluviômetro (c).

2.1.2 Nível d'Água

O nível da água é medido por um transdutor de nível, que pode ser do tipo de pressão ou do tipo ultra som. O sensor de nível por ultra som tem como principal vantagem não entrar em contato com a água. O sensor de pressão é utilizado em locais em que não existe a possibilidade de fazer uma estrutura de sustentação para o sensor de nível por ultra som. . A frequência de aquisição dos dados é de 10 em 10 minutos.

A Figura 3 apresenta os sensores de nível por ultra som (a) e o sensor de pressão (b).

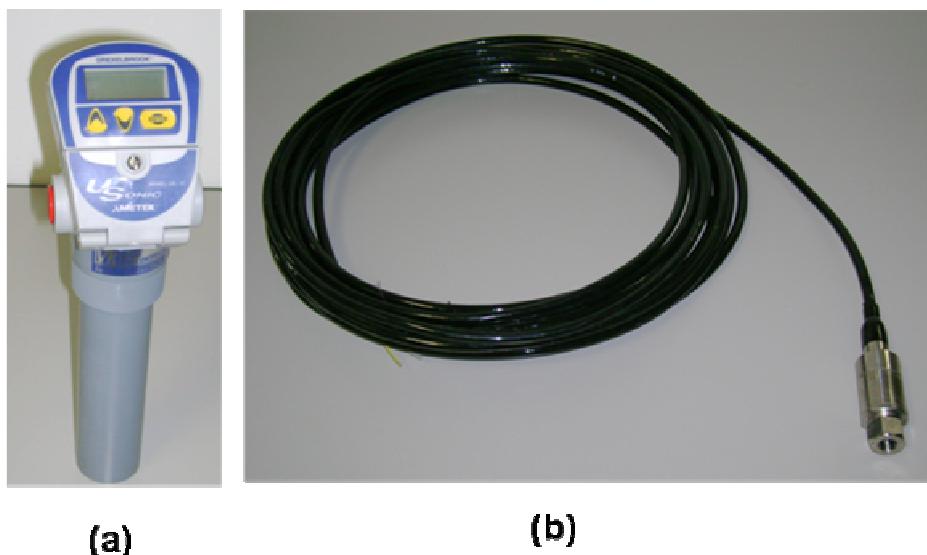


Figura 3 – Sensor de nível por ultra som (a) e sensor de nível de pressão (b).

2.1.3 Precipitação, Temperatura, Velocidade e Direção do Vento, Umidade Relativa e Pressão

As medidas das condições atuais da atmosfera são feitas utilizando-se uma estação meteorológica. Os dados são coletados, a cada 5 minutos, por uma estação meteorológica, que é composta por sensores de precipitação, temperatura, umidade, vento (direção e sentido). Figura 4 mostra a estação meteorológica Pirituba; em funcionamento.



Figura 4– Estação meteorológica.;

2.1.4 Qualidade da Água

A medida de parâmetros de qualidade da água é realizada por uma sonda de qualidade da água. Esta sonda coleta dados dos seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido (ppm), condutividade (uS/cm), temperatura (°C), pH, pressão (nível, mb e profundidade, mca), turbidez (NTU) e potencial de oxi-redução (mV). A frequência de aquisição é de 5 em 5 minutos.

A Figura 5 mostra a sonda de qualidade da água (a), a instalação da sonda de qualidade (b) e a vista geral do posto captação Bragança (b).

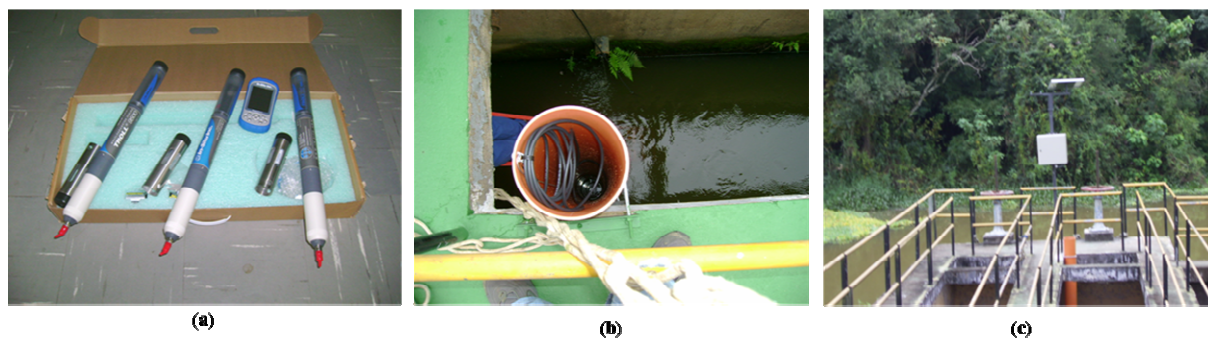


Figura 5 – Sonda de qualidade da água Troll 9500 (a). Instalação da sonda de qualidade da água (b). Vista geral do posto captação Bragança.

2.2 Aquisição de Dados

Os parâmetros hidrológicos medidos na etapa de medição primária são armazenados em uma unidade remota.

As unidades remotas a venda no mercado não atendiam as necessidades de programação e armazenamento, além do custo altíssimo, então optou-se por desenvolver um projeto de hardware para que a unidade remota fosse de fácil aplicabilidade e ao mesmo tempo proporciona-se a integridade ao dados armazenados. Dessa maneira quando houvesse falha na transmissão de dados, o dado coletado fica armazenado e reestabelecendo a conexão o mesmo é enviado. Podemos destacar outras características desta unidade remota como:

- Baixo consumo de energia: Estima-se que com uma bateria de 12V/40Ah, o conjunto de uma remota e um medidor de vazão eletromagnético funcione por aproximadamente 30 dias;
 - Grande capacidade de armazenamento de dados: Com uma amostra de vazão a cada minuto, a remota pode armazenar dados por até um ano. Vale lembrar que a memória utilizada é do tipo não volátil, ou seja, mesmo que falte energia, os dados não são perdidos;
 - Fácil coleta de dados: Além da memória principal de armazenamento, esta unidade remota possui um cartão de memória (memory stick), para gravar uma cópia dos dados.
- Sistema preparado para a transmissão de dados: O protocolo de comunicação da unidade remota é configurável para permitir a sua conexão com os principais sistemas de comunicação como: telefonia celular GSM/GPRS, conexões telefônicas discadas ou dedicadas, ou ainda através de redes Ethernet com ou sem fio;
- Entradas de sinal Analógicas e Digitais: Estes dois tipos de entradas tornam esta unidade remota compatível com os principais tipos de medidores de vazão. No mercado, a maioria dos medidores disponíveis possuem saídas analógicas em corrente do tipo 4 a 20 mA ou saídas digitais na forma de pulsos. Estas duas modalidades são perfeitamente compatíveis com esta unidade remota desenvolvida.

- Display e teclado para leitura de vazão no local: A unidade remota possui um teclado com funções limitadas para o usuário acompanhar as leituras efetuadas.
- Eficiente sistema de Log de ocorrências: Todas as ocorrências de falhas e tentativas de violação da integridade dos dados da unidade remota, são escritas em um arquivo específico, interno na remota, cujo acesso é facultado apenas pelo técnico de manutenção do sistema.

A figura 6 mostra a unidade remota e a unidade remota conectada ao sensor de nível tipo ultra-som.

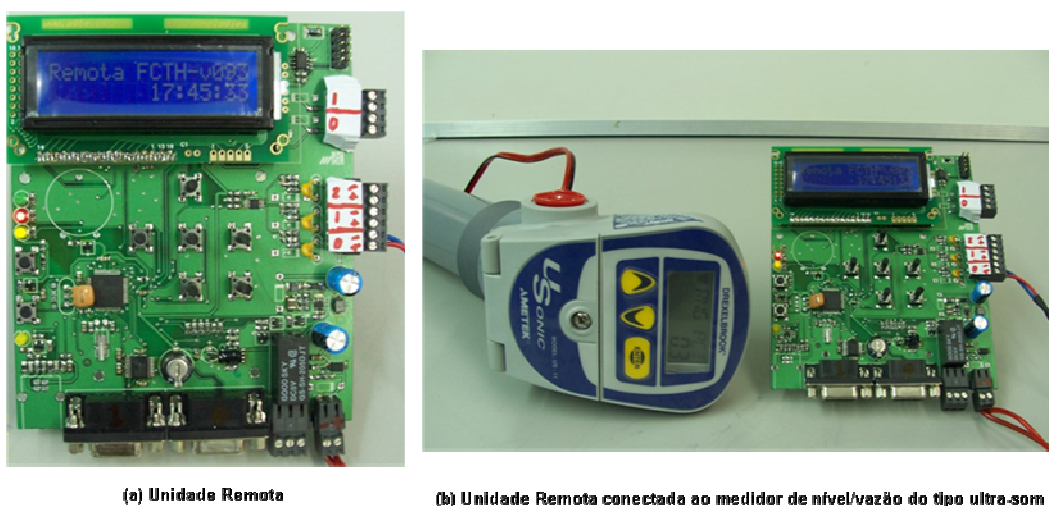


Figura 6 – (a) Unidade remota, desenvolvido especificamente para o SAISP. (b) Unidade remota conectada ao sensor de nível tipo ultra-som

2.3 Transmissão

Para a transmissão dos dados são empregadas diferentes tecnologias como: transmissão de dados por radio, linha privada (LP), satélite e ainda por telefonia celular, o mais comum hoje em dia.

Os dados da medição primária, armazenados na unidade remota são transmitidos via telefonia celular para os computadores do SAISP. A figura 7 mostra um modem celular utilizado na transmissão de dados dos postos telemétricos:

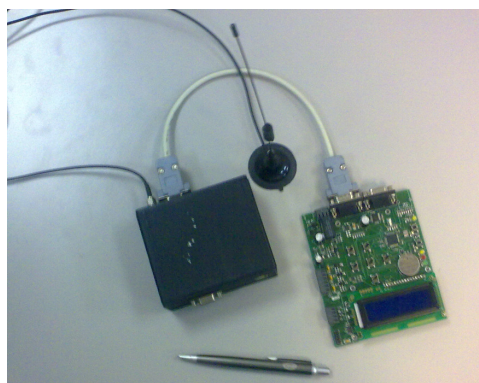


Figura 7 –Modem celular ligado a unidade remota.

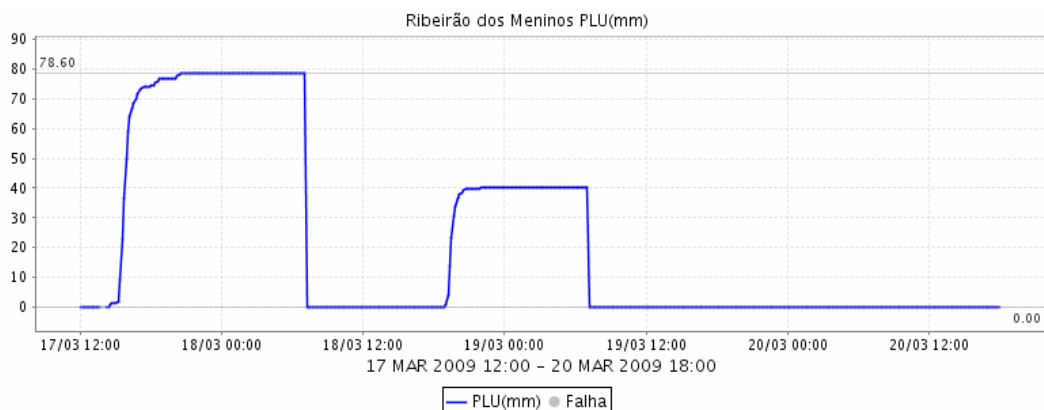
2.4 Uso do Dado

O acesso às informações dos postos telemétricos pode ser realizado em qualquer lugar onde esteja disponível um ponto de Internet. Estes dados podem ser visualizados em forma de tabela ou em forma de gráfico. A figura 8 apresenta a forma de tabela dos dados de monitoramento de chuva e nível e a figura 9 apresenta a forma de gráfico dos dados.

Alto Tietê - 24 ABR 2009 08:40

Posto	PLU(mm)		FLU(mm)		FLU(m)		Q(m³/s)	
	Hora	Valor	Hora	Valor	Hora	Valor	Hora	Valor
RABAR	08:40	0.1						
Rio Tietê na Barragem de Ponte Nova / Salesópolis	08:40	0.0	08:40	764.83	08:40	744.95		
Barragem Paratinga		0.0		766.90		-		
Barragem Itatiba		0.0		-		743.33		
Rio Tietê - Estaleiro / Mogi das Cruzes	08:40	0.0	08:40	734.84				
Barragem Andaraí		-		-		-		
Taiacupeba	08:30	0.0	08:30	742.75		-		
Rio Tietê em São Miguel / Guarulhos	08:40	0.1	08:40	726.57				
Córrego Jacu - Jd. Pantanal		0.0		726.03				
Rio Tietê na Barragem da Penha / Guarulhos		-	08:40	721.49		-		
Dutra			08:30	715.44				
Belencinho	08:40	0.0		-				-
Bom Retiro		-		-				
Anhembi			08:30	714.96				
Linsão	08:40	0.0	08:40	714.00				-
Rio Tietê - Ponte do Figueiri	08:30	0.0	08:30	714.84				
Barragem Móvel	08:40	0.0	08:40	714.90		-		
Rio Pinheiros - Ponte Cid. Universitária		0.0		715.86				
Santana do Parnaíba			08:30	694.79				
Rio Anapeí				-				
Reservatório Barragem Pirapora do Bom Jesus			08:30	692.87				
Barragem Pirapora do Bom Jesus			08:30	692.94	08:30	663.99		
Cabaça de Cima - Vila Galvão		0.0		728.49				
Rio Aricandova - Shopping	08:30	0.0	08:30	732.68				
Aricandova	08:40	0.0	08:40	731.24				-
Aricandova(Foz)	08:40	0.0	08:40	718.48				
Rio Tamarandutei - Vd. Pacheco Chaves	08:30	0.0	08:30	723.19				
Riocho Grande	08:40	0.0						
Imigrante do Elé	08:40	0.0						
Rudge Ramos	08:40	0.0						
Oratório	08:40	0.0						
Corrego Otacílio	08:30	0.2	08:30	733.92				
Prosperidade / São Caetano	08:40	0.0		-				
Ribeirão dos Coelhos		0.0		738.50				
Ribeirão dos Meninos	08:40	0.0	08:40	733.37				-
Vila Mariana	08:40	0.0						
Corrego Ipiranga	08:30	0.0	08:30	727.35				
COMGAS(Mooca)	08:40	0.0						
Cabaça de Baixo - Guarani	08:30	0.0	08:30	736.64				
Cabaça de Baixo		-		-				
Corrego Poá	08:30	0.0	08:30	0.55				
Pirajóara	08:40	0.0	08:40	730.42				
Corrego Jaguaré		0.0		726.95				

Figura 8 – Apresentação do dado em forma de tabela.



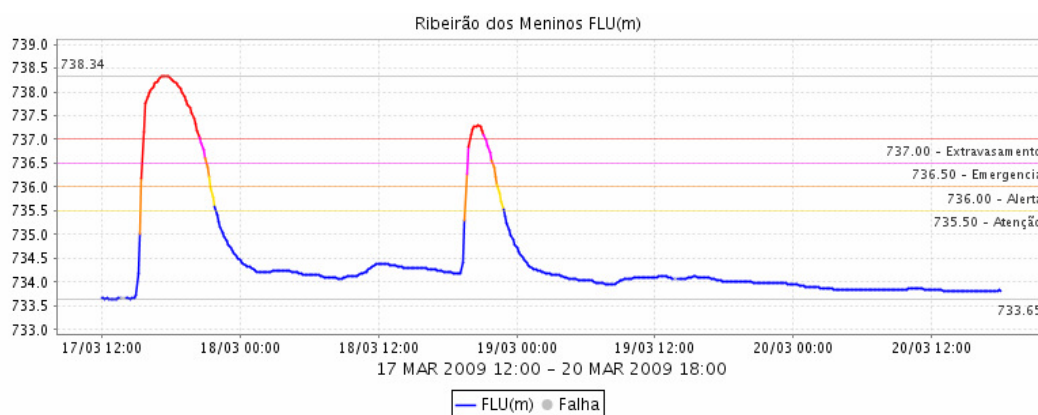


Figura 9 – Consulta em tempo real, em forma de gráfico, dos dados PLU e FLU do posto Ribeirão dos Meninos no período de 17 a 20 de março de 2009.

Além da informação em tempo real, os dados enviados via telemetria estão disponíveis para consulta em forma de histórico. Neste tipo de consulta o usuário tem acesso a todos os dados do posto, desde da data de sua instalação ou de um período determinado, em um arquivo de extensão *.csv.

3. REDES DE MONITORAMENTO – SAISP

A rede de monitoramento do SAISP teve início em 1977 com a implantação da rede telemétrica piloto que com o decorrer dos anos foi sendo ampliada e tendo a tecnologia de aquisição e transmissão de dados evoluida.

A evolução tanto da maneira de aquisição de dados como a de transmissão proporcionou ao SAISP a ampliação dos tipos de seu monitoramento, isso quer dizer, passou-se a ser possível a instalação de postos em locais onde não havia energia elétrica, sendo necessário somente ter sinal de celular. Com isso além de realizar o monitoramento da bacia do alto tietê o saisp passou a realizar o monitoramento dos principais reservatórios que abastecem a RMSP.

Atualmente o SAISP conta com 4 redes de monitoramento, cada uma com o esquema telemétrico demonstrado acima, porém com objetivos e características diferentes. A seguir são apresentadas as 3 principais redes de monitoramento do SAISP e seus objetivos.

3.1 Monitoramento telemétrico - Bacia do Alto Tietê e Piscinões

O monitoramento telemétrico da bacia do Alto Tietê e Piscinões dão de extrema importância para o gerenciamento de emergências da RMSP durante o período chuvoso que compreende os meses de outubro a março. Durante estes meses a RMSP sofre com o impacto das chuvas intensas, sendo que o principal problema causado é a inundação de diversas regiões da RMSP.

As inundações são fenômenos naturais que sempre ocorrerão porém com a ocupação das varzeas dos rios e córregos, impermeabilização crescente da bacia hidrográfica gerando um aumento do escoamento superficial entre outros fatores fizeram com que as inundações se tornassem um

problema de ordem economica e social.

Para o controle das inundações existem dois tipos de medidas a serem adotadas: medidas estruturais e não estruturais. A diferença fundamental entre as os dois tipos de medidas são que as medidas estruturais se relacionam a obras que alteram o sistema fluvial e portanto o regime hidraulico e hidrológico equanto as medidas não estruturais são aquelas que tem um aspecto preventivo de convivência com o fenomeno. Dentre as medidas não estruturais destaca-se um sistema de monitoramento e alerta a inundações.

Na RMSP foi implementando um Sistema de Alerta a Inundações a partir de 1977 (BARROS, *et. al.*, 1992). O SAISP realiza o monitoramento em tempo real de variáveis hidrometeorológicas e do nível em rios e reservatórios, previsão em tempo real de chuva e vazão e a disseminação das informações (dados e previsões), em tempo hábil para ação dos órgãos envolvidos.

A rede de monitoramento da bacia do Alto Tietê nasceu juntamente com o SAISP e teve início com cinco postos. Atualmete esta rede é composta por 42 postos, instalados em rios e córregos criticos da RMSP, como o Rio Tietê, Rio Pinheiros, Rio Aricanduva, Córrego Pirajuçara entre outros. A figura 10 mostra a localização dos postos de monitoramento de chuva e nível da bacia do Alto Tietê.

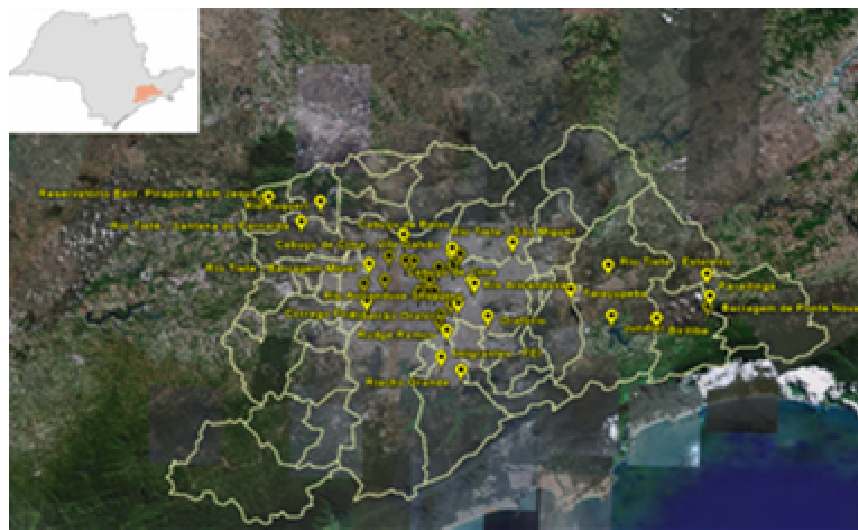


Figura 10 – Localização dos postos de monitoramento telemétrico da bacia do Alto Tietê.

No ano de 2008 a RMSP passou a contar com o monitoramento telemétrico dos reservatório de detenção (piscinões). Os piscinões são um tipo de medida estrutural que nada mais é que a criação de uma nova várzea, uma área que possa acumular água. Atualmente a RMSP conta com 27 piscinões sendo 6 “in-line”, e 21 “off-line”. Para o monitoramento dos pisciniões foram instalados postos telemétricos de chuva e nível em todos os piscinões. Nos piscinões off-line, também foram insalados postos imediatamente a montante para o monitoramento do nível dos córregos. A figura 11 mostra a localização dos postos telemétricos que compõem a rede de monitoramento dos piscinões.

3.3 Monitoramento telemétrico – Estações Meteorológicas

Ter conhecimento das condições da atmosfera é de fundamental importância tanto para dados de entrada de modelos como para análise de resultados de modelos, e no caso de São Paulo para ter uma idéia se existe durante o verão a probabilidade de chuva ou não.

No ano de 2005 o SAISP deu início a instalação de estações meteorológicas em pontos específicos da RMSP com objetivo de monitorar as condições atuais da atmosfera e com essas informações ter prévio conhecimento se pode ou não haver chuva.

Atualmente existem 13 estações instaladas que enviam dados a cada a cada 10 minutos das seguintes variáveis:

- Direção e intensidade do vento;
- Temperatura;
- Umidade relativa;
- Pressão;
- Chuva;

A figura 13 mostra o mapa de distribuição das estações meteorológicas.

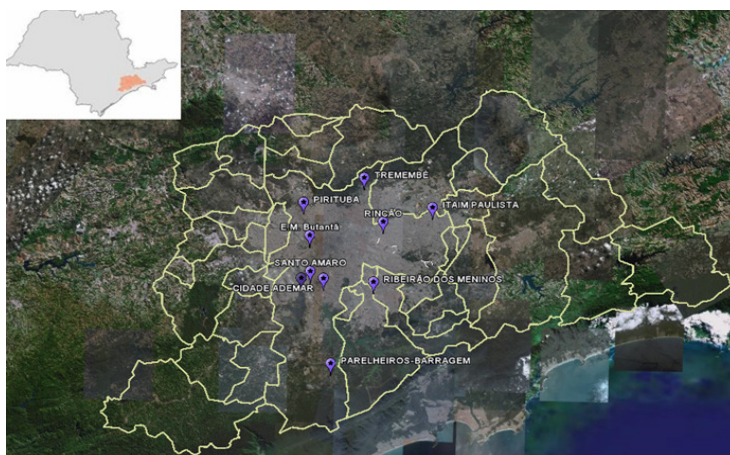


Figura 13 – Mapa de distribuição das estações meteorológicas.

BIBLIOGRAFIA

BARROS, M.T.L., MARCELLINI, L., SOUZA, T. E. .F, TIVERON, F. C., BRAGA JR., B.P.F., Sistema de Alerta a Inundações na Cidade de São Paulo: Uma Medida Não Estrutural Eficiente. In: II SEMINÁRIO METRÓPOLE LATINO-AMERICANAS, 1992, São Paulo.

BRAGA, BENEDITO P.F., Rede telemétrica de alerta às inundações no Estado de São Paulo. São Paulo; Universidade de São Paulo; 1986. 42 p. (CTH Boletim, 2).

CANIL, K. Indicadores para monitoramento de processos morfodinâmicos: aplicação na bacia do Ribeirão Pirajussara (SP). São Paulo, 2006. Tese de doutoramento do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

CAPARELLI, T. B. Projeto e Desenvolvimento de um Sistema Multicanal de Biotelemetria para Aquisição de sinais ECG, EEG e EMG. Urbelândia. FEELT-UFU, 2007, 109p.

CASTRO, H. L. ; Fumes, N. R. ; Wada, C. T. ; SCHARDONG, André ; LISBOA NETO, Honório ; OLIVEIRA, Cristiano de Pádua Milagres ; PORTO, R. L. L. ; MARCELLINI, Silvana Susko . O uso do sistema de suporte a Decisões no gerenciamento dos grandes sistemas produtores da SABESP. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2008, Rio de Janeiro.

DOUGLAS, I. The urban environment . London: Edward Arnold, 1983

FREITAS E.D. & SILVA DIAS, P.L. Interação entre fatores envolvidos na formação e desenvolvimento de tempestades severas na região metropolitana de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis , Anais.Florianópolis:GEDN/UFSC, 2004.p.665-679. (CD-ROM).

HART, M. G. Geomorphology pure and applied. London: Allen & Unwin, 1986. 228 p.

NAKAE, T., BIANCHINI, P.C., Rede Telemétrica de Hidrologia. In: Atas do Seminário sobre Técnicas Modernas de Telemetria Aplicada à Hidrologia. 1978, Belém.