

Operação do Sistema de Alerta contra Enchentes na Bacia do Rio Doce

Alice Silva de Castilho – CPRM – Serviço Geológico do Brasil – Av. Brasil, 1731 – Funcionários – Belo Horizonte – Minas Gerais – Brasil – CEP: 30.140.002 – Tel: 31- 3261-0378 – Fax: 31-3261-4484 – alice@cprmbh.gov.br

Resumo

Sistema de alerta contra enchentes é uma medida não estrutural adotada na minimização de prejuízos causados por cheias nas bacias hidrográficas. A CPRM/SUREG-BH tem operado por quatro anos um sistema de alerta na bacia do rio Doce durante o período chuvoso. Este sistema consiste na coleta e análise de dados de diversas entidades, elaboração de previsão hidrológica e transmissão de informações para Defesa Civil, Corpo Bombeiros, Polícia Militar e Prefeituras de 16 municípios localizados às margens dos rios Piranga, Piracicaba e Doce.

Introdução

A bacia do rio Doce está situada na região sudeste brasileira e possui uma área de drenagem de 83.400 km², 86% dentro do Estado de Minas Gerais e 14% dentro do Estado do Espírito Santo. A região abrange 222 municípios e 461 distritos.

As nascentes do rio Doce estão localizadas nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço, no Estado de Minas Gerais, o seu talvegue principal tem cerca de 853km de extensão, e sua foz está situada no oceano Atlântico junto ao povoado de Regência, no Estado do Espírito Santo.

Os principais afluentes do rio Doce pela margem esquerda são os rios do Carmo, Piracicaba, Santo Antônio, Corrente Grande, Suaçuí Pequeno, Suaçuí Grande, São José e Pancas. Já pela margem direita são os rios Casca, Matipó, Caratinga/Cuieté, Manhuaçu, Santa Joana e Guandu. As vazões médias específicas na bacia variam de 5 a 35 l/s km², enquanto a precipitação média anual varia de 900 a 1500mm. O ano hidrológico é dividido em dois períodos distintos: o chuvoso de outubro a março e o seco de abril a setembro.

Em fevereiro de 1979 ocorreu uma grande cheia que incentivou a criação, em dezembro de 1981, de um Grupo Interministerial de Trabalho com o objetivo de realizar estudos de prevenção e controle de cheias na bacia do rio Doce. Este grupo relacionou não só medidas estruturais para este controle, como também não estruturais, destacando-se, dentre elas a criação e operação de um sistema de alerta.

Assim, na década de 80, o extinto DNAEE instalou uma série de estações telemétricas na bacia com transmissão via telefone ou rádio. Já na década de 90, foram instaladas estações com transmissão via satélite e os dados disponibilizados via Internet. A rede foi criada e operada continuamente mas, um sistema de alerta capaz de coletar, analisar dados e alertar a população, em tempo hábil sobre a ocorrência de enchentes, não chegou a ser implantado.

Por outro lado, a bacia foi escolhida para o desenvolvimento de um projeto piloto de gestão de bacias hidrográficas através da Cooperação Técnica entre os governos brasileiro e francês com o objetivo de simular um sistema de gestão de recursos hídricos de acordo com o modelo francês. Este projeto foi iniciado em 1989 e finalizado em 1993, com três etapas distintas: Diagnóstico, Plano Diretor e Simulação Financeira.

Em 1996, dando continuidade ao projeto foi implantada a ADOCE - Agência Técnica da Bacia do Rio Doce, coordenada e financiada pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica e operada pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

Em janeiro de 1997, houve nova grande cheia na bacia e, a partir daí, a ADOCE começou a operar precariamente um sistema de alerta contra enchentes.

No decorrer do ano de 1997 o sistema foi aperfeiçoado e operado no período chuvoso seguinte. Nesta ocasião as cidades beneficiadas e estações telemétricas foram visitadas e nestes locais foram realizados levantamentos de seções transversais, de marcas de cheia e de características hidráulicas das seções visando à extrapolação das curvas-chaves e à definição das cotas de alerta e inundação dos pontos críticos das cidades beneficiadas.

Em meados de 1998 o projeto ADOCE foi interrompido e conseqüentemente os trabalhos para a melhoria do sistema de alerta também.

Devido a esforços conjuntos da CPRM, ANEEL e IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas e mais recentemente ANA – Agência Nacional de Águas garantiu-se a operação do sistema nos períodos de dezembro de 1998 a março de 1999, dezembro de 1999 a março de 2000 e dezembro de 2001 a março de 2002, quando foi possível, além da operação do sistema, a realização da análise de frequência das vazões máximas das estações telemétricas, a estimativa do tempo de retorno das cotas de alerta, de inundação e de grandes cheias na bacia do rio Doce, a análise de frequência da incidência de vazões de alerta e inundação e a avaliação da previsão hidrológica.

Descrição do Sistema

A operação do Sistema de Alerta foi composta pelas seguintes etapas: coleta de dados, armazenamento, análise, elaboração da previsão hidrológica e meteorológica, transmissão das informações.

O Sistema de Alerta implantado funcionou nas dependências da CPRM-SUREG/BH onde foram coletados dados de estações hidrometeorológicas da ANA, CEMIG, SIMGE/IGAM – Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais e Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, além das vazões defluentes de usinas hidroelétricas pertencentes à Alcan, Belgo Mineira, CEMIG e ESCELSA.

Estes dados foram analisados e repassados diariamente via fax para os 16 municípios beneficiados pelo Sistema: Ponte Nova, Nova Era, Antônio Dias, Timóteo, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Governador Valadares, Tumiritinga, Itueta, Resplendor, Galiléia, Conselheiro Pena, Aimorés, Baixo Guandu, Colatina e Linhares.

Os pontos de coleta do Sistema foram os mais diversos a saber (Tabela 01):

- 07 estações hidrometeorológicas da ANA com equipamento de transmissão automática via telefone;
- 02 estações hidrometeorológicas da ANA com transmissão via rádio pela observador;
- 04 estações hidrometeorológicas da ANA com transmissão via telefone pelo observador;
- 01 estação hidrometeorológica da Incaper com transmissão via telefone pelo observador;
- 07 usinas hidrelétricas pertencentes à Alcan, Belgo Mineira, CEMIG e ESCELSA com transmissão via telefone pelo operador;
- 03 estações meteorológicas do SIMGE/IGAM com transmissão via satélite;
- 08 estações pluviométricas da CEMIG com transmissão via satélite;
- 02 estações hidrometeorológicas da CEMIG com transmissão via satélite.

Tabela 01 – Pontos de Monitoramento do Sistema de Alerta.

| Estação | Entidade | Transmissão | Tipo de Dado | Rio/Município |
|--------------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| UHE Brecha (BR) | Alcan | Telefone | Vazão | Rio Piranga |
| Viçosa (VI) | IGAM e CEMIG | Satélite | Precipitação | Viçosa |
| Ponte Nova Jusante (PN) | ANA | Automática | Cota e Precipitação | Rio Piranga |
| Cachoeira dos Óculos Montante (CO) | ANA | Rádio | Cota e Precipitação | Rio Doce |
| São Gonçalo do Rio Acima (SR) | CEMIG | Satélite | Precipitação | Barão de Cocais |
| UHE Peti (PE) | CEMIG | Telefone | Vazão | Rio Santa Bárbara |
| UHE Peti (PE) | CEMIG | Satélite | Precipitação | Rio Santa Bárbara |
| UHE Piracicaba (PI) | Belgo Mineira | Telefone | Vazão | Rio Piracicaba |
| Nova Era IV (NE) | ANA | Telefone | Cota | Rio Piracicaba |
| UHE Guilman Amorim (GA) | CEMIG | Telefone | Vazão | Rio Piracicaba |
| Mário de Carvalho (MC) | ANA | Automática | Cota e Precipitação | Rio Piracicaba |
| Ipatinga (IP) | IGAM | Satélite | Precipitação | Ipatinga |
| Cenibra (CE) | ANA | Automática | Cota e Precipitação | Rio Doce |
| Fazenda Meloso (FM) | CEMIG | Satélite | Cota e Precipitação | Rio Guanhães |
| Fazenda Ouro Fino (FO) | CEMIG | Satélite | Cota e Precipitação | Rio Santo Antônio |
| Reservatório do Rio Sto Antônio (RS) | CEMIG | Satélite | Precipitação | Rio Santo Antônio |
| UHE Salto Grande (SG) | CEMIG | Telefone | Vazão | Rio Santo Antônio |
| UHE Salto Grande (SG) | CEMIG | Satélite | Precipitação | Rio Santo Antônio |
| UHE Porto Estrela (PS) | CEMIG | Telefone | Vazão | Rio Santo Antônio |
| Naque Velho (NV) | ANA | Rádio | Cota e Precipitação | Rio Santo Antônio |
| Vargem Alegre (VA) | CEMIG | Satélite | Precipitação | Vargem Alegre |
| Alpercata (AP) | CEMIG | Satélite | Precipitação | Alpercata |
| Governador Valadares (GV) | ANA | Automática | Cota e Precipitação | Rio Doce |
| Itambacuri (IT) | CEMIG | Satélite | Precipitação | Itambacuri |
| Vila Matias Montante (VM) | ANA | Automática | Cota e Precipitação | Rio Suaçuí Grande |
| Tumiritinga (TU) | ANA | Rádio | Cota e Precipitação | Rio Doce |
| Caratinga (CR) | IGAM | Satélite | Precipitação | Caratinga |
| Resplendor (RE) | ANA | Telefone | Cota | Rio Doce |
| São Sebastião da Encruzilhada (SS) | ANA | Rádio | Cota e Precipitação | Rio Manhuaçu |
| Aimorés Casa de Bombas (AI) | ANA | Automática | Cota e Precipitação | Rio Doce |
| UHE Mascarenhas (MS) | ESCELSA | Telefone | Vazão | Rio Doce |
| Colatina Corpo de Bombeiros (CL) | ANA | Automática | Cota e Precipitação | Rio Doce |
| Linhares (LI) | ANA | Telefone | Cota | Rio Doce |

A coleta dos dados das 07 estações automáticas foi feita 24 horas por dia, de duas em duas horas durante a operação normal e de uma em uma hora em situações de alerta. Já a coleta dos dados das estações via rádio, das estações via telefone e das usinas hidrelétricas foi feita duas vezes por dia, às 7 e 17 horas. Para as estações pluviométricas da CEMIG e IGAM, a coleta dos dados foi feita uma vez por dia (Figura 01).

Além disso, o SIMGE/IGAM elaborou, diariamente, a previsão meteorológica para a bacia contendo a última imagem de satélite disponível na Internet, o total precipitado no dia anterior e a previsão de chuva para os quatro dias subseqüentes.

O armazenamento dos dados foi feito em um banco desenvolvido em ACCESS, que permitiu a análise dos mesmos através do traçado de cotogramas, fluviogramas e hietogramas, bem como o cálculo das vazões das estações fluviométricas e a confecção do boletim de acompanhamento dos dados.

A partir dos dados coletados e devidamente armazenados foi feita a análise da evolução dos níveis dos rios, bem como a previsão hidrológica com antecedência de 3 a 24 horas dependendo da localidade. A previsão hidrológica consistiu na estimativa da vazão e da cota dos rios para algumas cidades integrantes do Sistema. A previsão foi definida por meio de modelos hidrológicos a partir dos dados coletados nos períodos chuvosos de 97/98, 98/99, 99/00 e 01/02, podendo vir a ser aperfeiçoada, em alguns casos, através de modelagem hidrológica de chuva x vazão.

Na tabela 02 é apresentado o resumo da previsão hidrológica para as cidades de Ponte Nova, Nova Era, Governador Valadares, Tumiritinga e Colatina e para as estações Mário de Carvalho, Naque Velho e Resplendor.

Caso a cota de alerta fosse atingida na estação de Mário de Carvalho, as cidades de Antônio Dias, Timóteo, Coronel Fabriciano e Ipatinga eram avisadas.

Para as cidades de Galiléia, Conselheiro Pena, Itueta, Aimorés e Baixo Guandu não foi feita previsão hidrológica. Caso a cidade de Governador Valadares entrasse em alerta, estes municípios seriam também avisados. O mesmo procedimento ocorreu em Linhares, que seria comunicada automaticamente, se Colatina entrasse em alerta. A transmissão dos dados foi feita através de boletins de acompanhamento dos níveis dos rios da bacia que eram enviados uma vez por dia, via fax e internet, para os 16 municípios beneficiados pelo Sistema em casos de operação normal e três vezes por dia em casos de operação de alerta, sendo que nestas situações os municípios poderiam ser contatados também por telefone.

Tabela 02 – Resumo da Previsão Hidrológica

| Estação Hidrometeorológica | Estações usadas na previsão hidrológica | Tempo de antecedência da previsão (horas) |
|--|--|--|
| Ponte Nova | Usina da Brecha e Estação Ponte Nova | 8 |
| Nova Era e Antônio Dias | UHE Peti, UHE Piracicaba, Estação Nova Era | 3 |
| Timóteo, Coronel Fabriciano e Ipatinga | UHE Guilman Amorim, Estação Mário de Carvalho | 8 |
| Naque Velho | UHE Porto Estrela e Estação Naque Velho | 8 |
| Governador Valadares | Estações Mário de Carvalho e Cachoeira dos Óculos e UHE Salto Grande | 24 |
| | Estações Cenibra, Naque Velho e Governador Valadares | 12 |
| Tumiritinga | Estações Governador Valadares e Vila Matias | 7 |
| Resplendor | Estações Tumiritinga e Resplendor | 12 |
| Colatina | Usina de Mascarenhas | 6 |

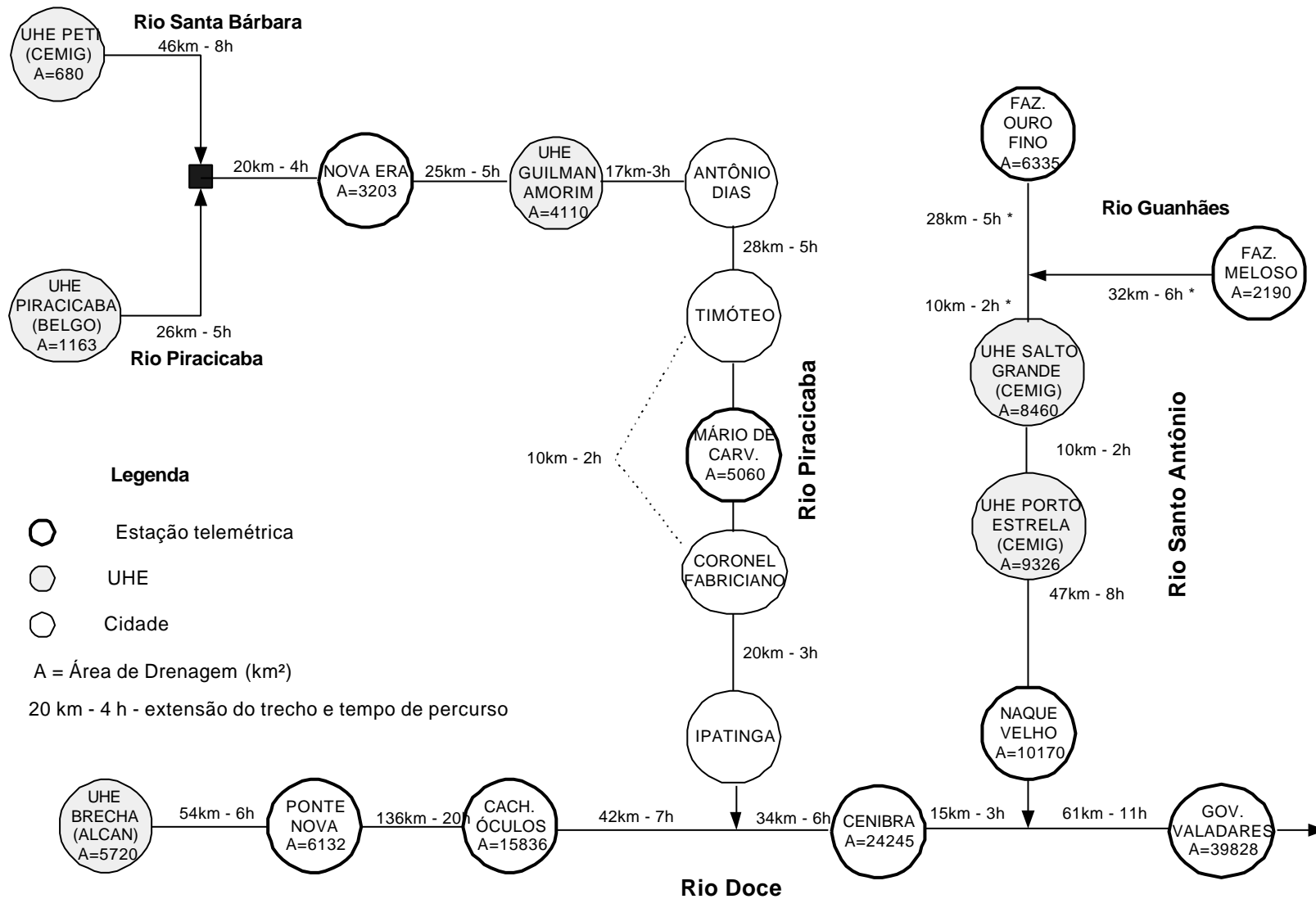


Figura 01 – Diagrama Unifilar do Sistema de Alerta

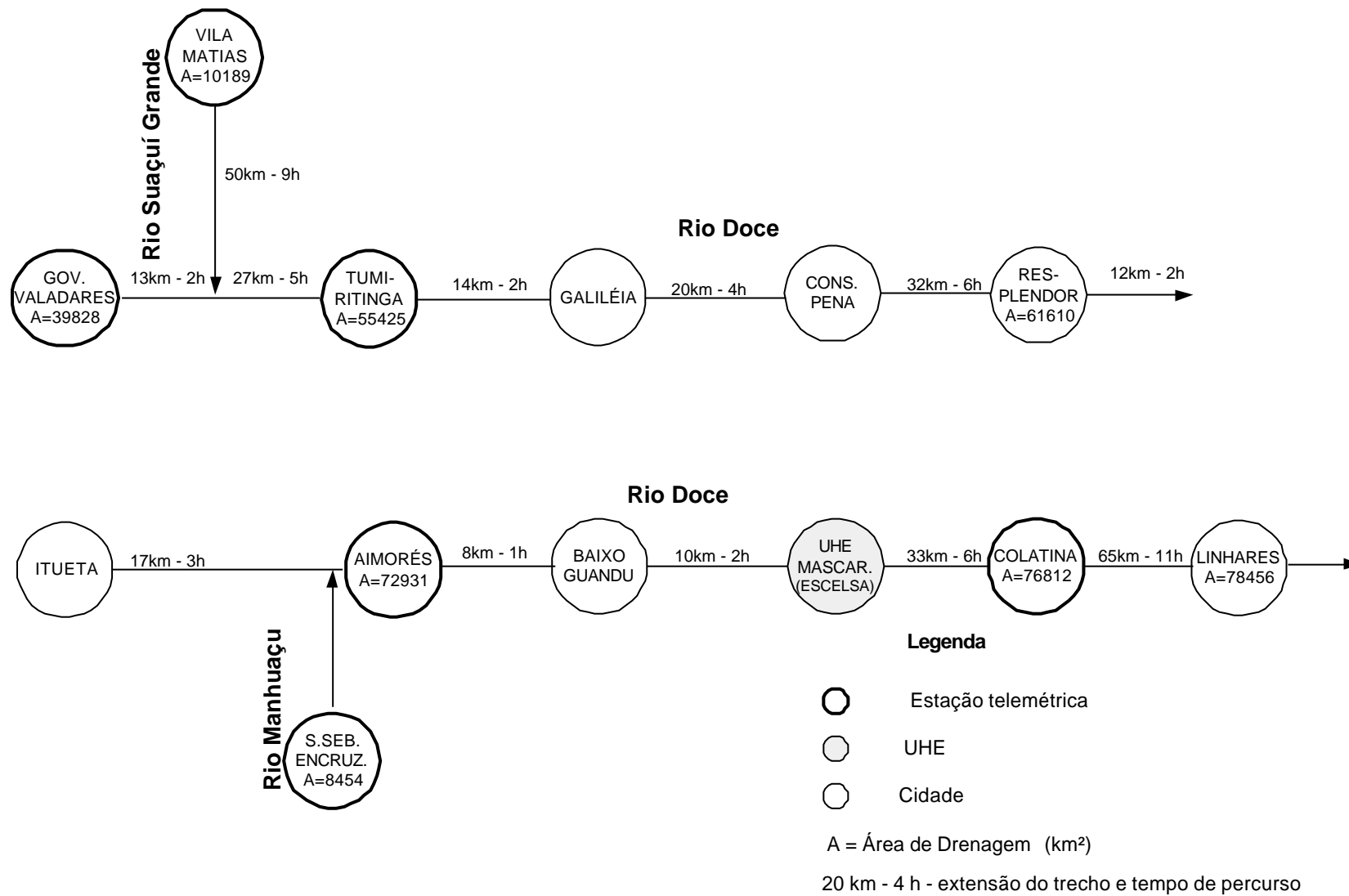


Figura 01 – Diagrama Unifilar do Sistema de Alerta - continuação

Para algumas cidades consideradas estratégicas foram definidas cotas de alerta e cotas de inundação, estas foram determinadas no campo, através de nivelamento topográfico da cota de início de inundação no ponto mais baixo da cidade. Já a cota de alerta foi definida de acordo com o tempo de subida dos hidrogramas da cheia de janeiro de 1997, discretizados a cada 12 horas. A cota de alerta definida é, no mínimo, 40 centímetros menor que a cota de inundação. Estas cotas estão apresentadas na Tabela 03, juntamente com a vazão e o tempo de retorno (TR) correspondentes, sendo que TR é o intervalo de tempo médio, em anos, compreendido entre duas ocorrências sucessivas de um determinado evento.

Estas informações definem a operação normal e de alerta do sistema. A situação normal caracteriza-se quando o nível nas estações encontra-se abaixo da cota de alerta; até esta cota, a coleta dos dados é feita nas estações automáticas, de duas em duas horas. A situação de alerta é atingida quando a cota de alerta é ultrapassada. Neste caso, a coleta dos dados das estações automáticas e usinas hidrelétricas é feita de uma em uma hora.

Foram analisadas as séries das seguintes estações: Ponte Nova Jusante, Nova Era IV, Mário de Carvalho, Governador Valadares, Tumiritinga e Colatina (Corpo de Bombeiros). Verificou-se que as cotas de alerta são atingidas no mês de novembro a março e as cotas de inundação são atingidas com maior frequência e intensidade no mês de janeiro, embora também ocorram nos outros meses.

Cabe ressaltar que a análise aqui apresentada foi realizada sobre vazões médias diárias, e não sobre vazões instantâneas observadas na estação fluviométrica.

Tabela 03 – Cotas de Alerta(A) e de Inundação(I)

| Estação | | Cota (cm) | Vazão (m ³ /s) | TR(anos) |
|----------------------|---|-----------|---------------------------|----------|
| Ponte Nova | A | 280 | 354 | 1,2 |
| | I | 330 | 507 | 1,9 |
| Nova Era | A | 350 | 336 | 1,1 |
| | I | 470 | 529 | 1,8 |
| Mário de Carvalho | A | 440 | 565 | 1,6 |
| | I | 520 | 751 | 2,4 |
| Governador Valadares | A | 320 | 1719 | 1,2 |
| | I | 360 | 2181 | 1,7 |
| Tumiritinga | A | 500 | 3319 | 2,6 |
| | I | 550 | 3880 | 4,1 |
| Aimorés | A | 430 | - | - |
| | I | 480 | - | - |
| Colatina | A | 470 | 4131 | 2,4 |
| | I | 520 | 4796 | 3,7 |

Conclusões e Recomendações

O Sistema de Alerta implantado é de simples operação; entretanto, buscando a sua melhoria, sugere-se que várias ações sejam tomadas no sentido de automatizar a obtenção e o armazenamento dos dados, aperfeiçoar a previsão hidrológica e a transmissão de informações, entre outras.

Operação do Sistema de Alerta

O ideal seria que o Sistema de Alerta fosse operado continuamente, o que permitiria a realização de estudos hidrológicos (Modelagem hidrológica e levantamento de planícies de inundação), além da diversificação como sistema de alerta contra seca.

Enquanto isto não é possível recomenda-se que o Sistema de Alerta inicie suas atividades de monitoramento no mês de novembro, estenda-as até o final do mês de março. Porém, algumas tarefas como o planejamento do Sistema, o treinamento do pessoal envolvido, a adequação de rotinas de análise dos dados coletados, e a previsão dos níveis fluviais para as cidades integrantes do Sistema e o estabelecimento de contato com as prefeituras e centros de defesa civil municipais deveriam ser realizadas no mês anterior ao início do funcionamento do Sistema.

Automatização do Sistema

O equipamento da coleta das sete estações automáticas (Ponte Nova, Mário de Carvalho, Governador Valadares, Cenibra, Vila Matias, Aimorés, Colatina) é muito antigo. Apesar de ser mantido em funcionamento, tem apresentado problemas de manutenção principalmente quanto a peças de reposição. Torna-se necessário, portanto, a substituição deste equipamento.

Ressalta-se ainda que em Ponte Nova, Mário de Carvalho, Governador Valadares, Vila Matias e Colatina existem balizas de satélite da ANA. Entretanto estes dados não podem ser obtidos na frequência necessária para o sistema de alerta, (a página na Internet não era atualizada nos finais-de-semana e feriados). Logo, há de se avaliar a possibilidade da instalação de modems nestas estações.

As estações de Naque Velho, Tumiritinga, Cachoeira dos Óculos, São Sebastião da Encruzilhada, Nova Era e Linhares não possuem equipamentos de telemetria. No caso de Naque Velho, Tumiritinga, Nova Era e Linhares, as estações estão localizadas em centros urbanos, é possível que sejam instalados equipamentos com modem. Já no caso de São Sebastião da Encruzilhada e Cachoeira dos Óculos, o equipamento deve estar acoplado a um aparelho celular ou a um rádio.

Quanto às usinas e estações pluviométricas da CEMIG, como já existe uma rede de telemetria desta entidade, torna-se necessário instituir meios, como por exemplo, o estabelecimento de convênio técnico, para que o Sistema de Alerta possa acessar os dados das estações telemétricas da CEMIG em tempo real.

Os dados das estações pluviométricas do IGAM são disponibilizados a cada 3 horas na Internet, com exceção da estação de Caratinga, a qual possui um modem, equipamento este que permite acessá-la em tempo real. Portanto é necessário que seja instalado este equipamento em Ipatinga e Viçosa para a melhoria da aquisição dos dados.

No caso das usinas da Alcan, Belgo Mineira e ESCELSA, a ANEEL solicitou para as operadoras de reservatórios, através da Resolução 396, a instalação de equipamentos de telemetria em todas as usinas, sendo assim, torna-se necessário estabelecer meios para que o sistema possa acessá-los em tempo real.

Ressalta-se que a instalação de equipamentos automáticos reduz, em parte, a mão-de-obra de coleta e armazenamento de dados; entretanto, ela não é eliminada pois os dados, ainda assim, necessitam de análise e os equipamentos estão sujeitos a intempéries, principalmente nos períodos chuvosos.

Melhoria da Previsão Hidrológica

Atualmente, a previsão hidrológica é feita basicamente através de modelos empíricos. Estes modelos não quantificam o incremento de vazão devido a uma chuva localizada. Portanto, torna-se necessário o ajuste de modelos hidrológicos de chuva x vazão na bacia visando a cobrir deficiências desta previsão, bem como a otimizar a utilização dos dados coletados, principalmente no que diz respeito aos dados de precipitação.

Por outro lado, a previsão hidrológica existente atualmente fornece o dado da cota a ser atingida na estação próxima à cidade. Entretanto, não se sabe, efetivamente, qual área será inundada. Para tanto, torna-se necessária a elaboração de um estudo de definição de áreas inundáveis. Tal trabalho foi iniciado em 1998 pela UFMG, com o apoio da ADOCE, CPRM e Prefeitura Municipal de Governador Valadares mas, devido ao término do financiamento dos trabalhos da ADOCE, tal estudo foi interrompido. Ressalta-se que já existem seis seções de réguas na cidade de Governador Valadares, com dois anos de dados de cotas de 7 e 17 horas, coletados pelo SAAE, além da base planialtimétrica e cadastral da cidade já levantada. Para dar continuidade a este trabalho é necessário que sejam feitos levantamentos topográficos em doze seções transversais já definidas na cidade de Governador Valadares, bem como a digitalização das bases cartográficas.

Transmissão das Informações

A transmissão das informações atualmente é feita via fax, com problemas de toda natureza, tais como: falta de papel no local de destino, telefone ocupado, fax não ligado no automático nos finais-de-semana, tempo de transmissão longo e contas telefônicas altas.

Para solucionar tais problemas o ideal seria a criação de uma home-page do Sistema na Internet, bem como proporcionar o seu acesso nas cidades beneficiadas pelo Sistema, preferencialmente nos Batalhões de Polícia, Delegacias, Corpo de Bombeiros e Prefeituras.

Divulgação do Sistema

É fundamental que a população beneficiada venha a conhecer a operação e a importância do Sistema através de campanhas educativas. Sugere-se que estas campanhas sejam divulgadas no rádio, jornais e na televisão, bem como através de cartilhas e palestras, fazendo com que cada cidadão sinta-se parte integrante do Sistema.

Além disso, a curto prazo, sugere-se que as Prefeituras sinalizem em pilares de pontes, postes, réguas ou similares as cotas de alerta e de inundação de cada município. Esta sugestão é válida também para a ANA e CPRM, de modo que esta sinalização seja feita nas estações fluviométricas, demarcando o lance da régua que contém as cotas de alerta e de inundação em cores diferentes.

Bibliografia

ADOCE. Termo de referência - Sistema de Gerenciamento de Informações de Recursos Hídricos para Bacia do Rio Doce - GRH - Doce. Etapa 1: Alerta Hidrológico. Belo Horizonte, CPRM, 1997.

CPRM. Sistema de Alerta contra Enchentes da Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – Dezembro de 1998 a Março de 1999. Belo Horizonte, 1999.

CPRM. Sistema de Alerta contra Enchentes da Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – no período de Dezembro de 1999 a Março de 2000. Belo Horizonte, 2000.

CPRM. Sistema de Alerta contra Enchentes da Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – no período de Dezembro de 2001 a Março de 2002. Belo Horizonte, 2002.