

# **AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA VIABILIDADE DO USO DE RESERVATÓRIOS PREVISTOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA MINIMIZAÇÃO DOS EFEITOS DE CHEIAS NA BACIA DO RIO DOCE**

*Alice Silva de Castilho<sup>1</sup>*

**Resumo** – Este artigo tem como objetivo apresentar uma avaliação preliminar da viabilidade do uso de reservatórios previstos para geração de energia elétrica para minimização dos efeitos de cheias na bacia do rio Doce. Com base em estudos de regionalização elaborados na bacia do rio Doce verificou-se quais seriam os efeitos dos reservatórios previstos no controle de cheias nas cidades de Ponte Nova, Governador Valadares e Colatina. Os resultados variaram de acordo com a cidade analisada e com o conjunto de reservatórios localizados a montante de cada uma delas. Porém, nos casos em que a construção do reservatório resultou num controle significativo a jusante, envolveu também impactos significativos tanto ambientais quanto de relocação de infraestrutura.

**Abstract** – This paper presents a preliminary evaluation of the use of hydropower reservoir in order to control floods in Doce River Basin. The effects of the use of reservoirs in flood control were verified in the cities: Ponte Nova, Governador Valadares and Colatina. The results varied from benefited city and from the group of downstream reservoirs. But, in the cases of the significant flood control using reservoir, result in significant environment impacts and infrastructure relocation.

**Palavras-Chave** – controle de cheia; bacia do rio Doce.

---

<sup>1</sup>Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.: Rua dos Inconfidentes, 1011/7º andar, Funcionários, CEP 30140-120, Belo Horizonte-MG. Email: [acastilho@golder.com.br](mailto:acastilho@golder.com.br)

## **INTRODUÇÃO**

Uma das medidas estruturais considerada para o controle de cheias é a construção de reservatórios, que podem ser usados não só para este fim, como também para outros, como: navegação, geração de energia elétrica, abastecimento de água, etc. Os usos de um mesmo reservatório podem ser conflitantes, como é o caso do controle de cheias e a geração de energia elétrica. No primeiro uso, o volume útil do reservatório deverá permanecer sempre vazio no período chuvoso para manter sua capacidade de armazenamento da cheia. Por outro lado, no caso de reservatórios para geração de energia elétrica, é desejável que ele esteja sempre com seu volume útil preenchido para garantir a geração de energia a maior parte do tempo possível, especialmente no período seco, quando a afluência ao reservatório é reduzida.

A bacia do rio Doce tem sofrido as conseqüências de cheias ao longo do tempo. Dentre as diversas soluções analisadas para a convivência com as cheias nesta bacia, a construção de reservatórios sempre foi cogitada.

Assim, este artigo tem como objetivo analisar, de forma preliminar, os efeitos da construção de reservatórios para controle de cheias na bacia, em eixos já previstos para geração de energia elétrica. Ressalta-se que foi considerada a localização dos eixos previstos independente da capacidade de regularização dos reservatórios. Além disso, apesar dos usos de geração de energia elétrica e controle de cheias serem, em parte conflitantes, optou-se por estudar eixos previstos visando otimizar custos tanto de instalação, quanto operacionais e minimizar impactos ambientais.

## **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO**

Durante o verão, massas de ar frio se deslocam do Sul do Brasil em direção ao norte, na altura da região Sudeste, perdem a sua força e se deslocam no sentido oeste para leste sobre o centro de Minas Gerais em direção ao Espírito Santo e sul da Bahia. Este processo ocorre várias vezes ao longo do verão e gera as precipitações de origem frontal, comuns nesta região. Aliado a este fenômeno, algumas vezes se dá a formação da ZCAS-Zona de Convergência do Atlântico Sul sobre a região, o que favorece o deslocamento da umidade vinda da Amazônia, intensificando as precipitações principalmente convectivas.

A bacia do rio Doce está justamente localizada na região em que acontece este desvio das frentes frias em direção ao oceano Atlântico, no verão úmido, o deslocamento da frente fria provoca precipitações que alimentam os cursos de água por vários dias provocando as enchentes e inundações, tanto em pequenas como em grandes bacias. Estas inundações são registradas no período chuvoso, de outubro a março, principalmente nos meses de dezembro a fevereiro.

## 1 - Localização da Bacia

A bacia do Rio Doce localiza-se na região Sudeste do Brasil e possui uma área de drenagem de 83.400 km<sup>2</sup>. A Figura 01 mostra o mapa de localização da mesma, sendo que 86% de sua área pertence ao Estado de Minas Gerais e o restante ao Estado do Espírito Santo.

O rio Doce nasce nas Serras da Mantiqueira e Espinhaço, em Minas Gerais, e percorre 853 km até atingir o oceano Atlântico junto ao povoado de Regência, no Espírito Santo. Seus principais afluentes pela margem esquerda são os rios: do Carmo, Piracicaba, Santo Antônio, Corrente Grande, Suaçuí Grande, São José e Pancas e pela margem direita são os rios: Casca, Matipó, Caratinga/Cuité, Manhuaçu, Guandu e Santa Joana. As maiores vazões específicas são encontradas na sub-bacia do rio do Carmo entre 30 a 35 l/s km<sup>2</sup> e as menores na sub-bacia do Suaçuí Grande entre 05 a 10 l/s km<sup>2</sup>.

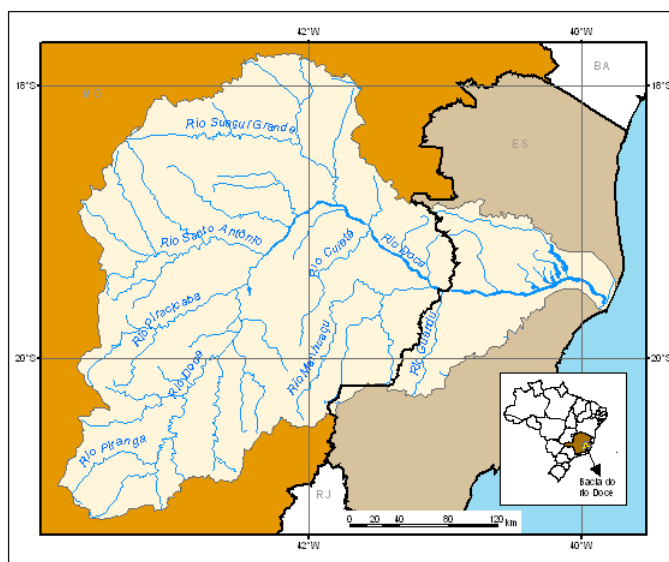


Figura 01 – Mapa de Localização da bacia do rio Doce

A precipitação média anual da bacia varia de 1500 mm, nas nascentes do rio Doce, a 900 mm na região da divisa dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, voltando a crescer na região do litoral.

O clima na bacia pode ser dividido em: clima tropical de altitude com chuvas de verão e verões frescos presentes nas vertentes das Serras da Mantiqueira e do Espinhaço e nas nascentes do rio Doce; clima tropical de altitude com chuvas de verão e verões quentes, presentes nas nascentes dos seus afluentes; e clima quente com chuvas de verão, presente nos trechos médio e baixo do rio Doce e seus afluentes.

As inundações que assolam a região têm sua origem agravada por ações antrópicas como o desmatamento e o manejo inadequado do solo e o assoreamento advindo de resíduos minerais, industriais e domésticos. As áreas próximas ao leito principal, denominadas de planície de inundação, vêm sendo sistematicamente ocupadas pela população agravando os impactos ocasionados pelas enchentes (CPRM, 2003).

## 2 - Grandes Cheias da Bacia do Rio Doce

Grandes cheias foram verificadas na bacia do rio Doce, porém como se trata de uma bacia de grandes dimensões, estes efeitos são verificados de forma distinta em cada localidade. A Tabela 01 apresenta os períodos de retorno associados às vazões e localidades da bacia do rio Doce.

Tabela 01 – Períodos de retorno de vazões em algumas estações da bacia do rio Doce

Estação	Rio	Período de retorno (anos)				
		2	5	10	50	100
Ponte Nova	Piranga	516	766	966	1528	1828
Cachoeira dos Óculos	Doce	868	1183	1445	2222	2657
Nova Era	Piracicaba	564	799	955	1299	1444
Mário de Carvalho	Piracicaba	671	1020	1251	1760	1975
Cenibra	Doce	1657	2276	2796	4361	5249
Naque Velho	Santo Antônio	1064	1430	1671	2204	2428
Governador Valadares *	Doce	2354	3240	3962	6046	7185
Vila Matias	Suaçui Grande	408	591	721	1028	1169
Tumiritinga	Doce	2990	4135	5054	7655	9049
São Sebastião da Encruzilhada	Manhuaçu	538	727	871	1250	1441
Colatina	Doce	3796	5273	6392	9329	10797

Fonte: CPRM, 1999 e \* CPRM, 2004 (2)

Uma grande cheia foi verificada em fevereiro de 1979 em algumas bacias brasileiras, dentre elas a bacia do rio Doce. No mês de janeiro daquele ano ocorreram precipitações acima da média e este mês foi seguido com o início de fevereiro com precipitações muito intensas. As cidades mais atingidas ao longo do rio Doce foram:

Linhares, Colatina no Espírito Santo; Aimorés, Conselheiro Pena e Governador Valadares em Minas Gerais. Nos afluentes as cidades mais atingidas foram: Rio Piracicaba, Nova Era Timóteo e Coronel Fabriciano (rio Piracicaba); Caratinga (rio Caratinga e córrego São João); Manhuaçu (rio Manhuaçu); Ferros (rio Santo Antônio); Mariana (rio do Carmo); Frei Inocência (rio Suaçui Grande) e Itaguaçu (rio Santa Joana), esta no Estado do Espírito Santo. Em fevereiro de 1979 foram inundados dez trechos do leito da estrada de ferro Vitória Minas, num total de 36 quilômetros. O tráfego foi paralizado por duas semanas, interrompendo a extração do minério de ferro, reduzindo a produção do parque siderúrgico da bacia. O tráfego da BR-101 e outras rodovias também foi interrompido. Segundo <http://www.simge.mg.gov.br/alerta/doce> nesta cheia foram registrados 47.776 desabrigados, 74 vítimas fatais e 4.424 residências atingidas.

A cheia de 1997 ocorreu na bacia do rio Doce logo após o *Réveillon*. As cidades mais atingidas foram as localizadas na calha do rio Doce a jusante da cidade de Governador Valadares. A partir desta cheia foi criado o sistema de alerta na bacia. Segundo <http://www.simge.mg.gov.br/alerta/doce> nesta cheia foram registrados 57.705 desabrigados, 2 vítimas fatais e 7.225 residências atingidas.

Em janeiro de 2003 houve uma intensificação das chuvas na região, principalmente convectivas devido à formação da ZCAS. Em vários municípios foram registradas precipitações intensas, de curta duração, que provocaram grandes inundações em pequenas bacias. As principais cidades atingidas foram: Caratinga, Manhuaçu, Ponte Nova e Resplendor e outras localizadas nas bacias dos rios Caratinga, Manhuaçu e Guandu. Na bacia do Rio Caratinga as principais cidades atingidas foram: Caratinga, Ubaporanga, Inhapim e Dom Cavati.

Em janeiro de 2004 foram registradas inundações principalmente devido a chuvas convectivas. Em Manhuaçu, 685 pessoas ficaram desalojadas e 298 desabrigadas. Em Caratinga foram contabilizados prejuízos da ordem de 72 milhões de reais, sendo 46 milhões apenas no comércio.

A cheia de 2008 ocorreu no mês de dezembro e foi a máxima registrada na cidade de Ponte Nova, onde o nível do rio Piranga subiu mais de 6 metros. Na cidade Piranga, o rio de mesmo nome subiu mais de 8 metros.

Após a cheia de 1979 foi criado um grupo interministerial para discutir as ações para minimizar os efeitos das cheias na bacia. Uma das ações levantadas foi a criação de

um sistema de alerta contra enchentes, o qual só foi criado após a cheia de 1997, a princípio através de uma parceria entre CPRM e ANEEL, e posteriormente com a participação do IGAM e ANA. O sistema tem sido operado todos os anos. Em janeiro de 2006, o sistema de alerta passou a ser um projeto institucional da CPRM. Em janeiro de 2009, o sistema passou a receber recursos do PAC-Programa de Aceleração do Crescimento, o que tem viabilizado a instalação desses equipamentos.

O Sistema de Alerta contra Enchentes da Bacia do Rio Doce beneficia 15 municípios localizados às margens dos rios Piranga, Piracicaba e Doce (Tabela 02). O Sistema consiste nas seguintes etapas: coleta de dados hidrometeorológicos, armazenamento de dados, análise dos dados, elaboração da previsão meteorológica, elaboração da previsão hidrológica e transmissão das informações.

Tabela 02 – Municípios Beneficiados pelo Sistema de Alerta.

<b>Município</b>	<b>Unidade de Federação</b>	<b>População (habitantes)(1)</b>	<b>Rio</b>
Aimorés	Minas Gerais	24.232	Doce
Antônio Dias	Minas Gerais	9.435	Piracicaba
Baixo Guandu	Espírito Santo	28.637	Doce
Colatina	Espírito Santo	106.637	Doce
Conselheiro Pena	Minas Gerais	21.793	Doce
Coronel Fabriciano	Minas Gerais	100.805	Piracicaba
Galiléia	Minas Gerais	7.302	Doce
Governador Valadares (2)	Minas Gerais	260.396	Doce
Ipatinga (2)	Minas Gerais	238.397	Piracicaba
Linhares	Espírito Santo	124.564	Doce
Nova Era	Minas Gerais	17.932	Piracicaba
Ponte Nova	Minas Gerais	55.687	Piranga
Resplendor	Minas Gerais	17.024	Doce
Timóteo	Minas Gerais	76.092	Piracicaba
Tumiritinga	Minas Gerais	5.964	Doce

(1) Inclusive a população estimada nos domicílios fechados; (2) População estimada; Fonte: IBGE, Contagem da População 2007.

## **METODOLOGIA**

A metodologia usada para a avaliação de novos eixos consistiu em escolher alguns em que poderiam ser implantados reservatórios de usos múltiplos com controle

de cheias e geração de energia elétrica. Há que se ressaltar que não foi avaliada a curva cota x área x volume dos eixos propostos, por não se ter a localização exata do eixo, assim somente foi definido o volume necessário para o controle de cheias a partir daquele ponto.

O volume armazenado foi definido a partir da diferença entre o volume da cheia com período de retorno de 100 anos (Q100) e a de 2 anos (Q2). Assim, imediatamente a jusante do eixo estudado, para cheias menores do que Q100, a vazão defluente do reservatório seria menor ou igual a Q2. Para cheias com vazões afluentes maiores do que Q100, a vazão defluente seria menor ou igual à soma da Q2 com a diferença entre a vazão afluente e a Q100.

A duração média dos hidrogramas de cheia foi retirada da análise da série de vazões das estações fluviométricas localizadas próximas aos pontos de interesse: cidades beneficiadas ou eixos de barragens.

É importante lembrar que entre o reservatório proposto e a cidade a jusante deste, que se deseja proteger, haveria uma área incremental sem o controle de cheia, portanto, na cidade a ser protegida, a vazão seria maior do que Q2, após a construção do reservatório, para cheias menores do que a Q100. Por isto, foi feita a avaliação de qual seria a recorrência da vazão na cidade a ser beneficiada após a construção do reservatório.

Para o cálculo das vazões máximas com períodos de retorno variando entre 2 a 100 anos foram utilizados estudos de regionalização de vazões da bacia do rio Doce, já publicados.

## **DADOS UTILIZADOS**

Na escolha dos eixos a serem analisados foram considerados:

- Relatório do Grupo Interministerial;
- Relação dos reservatórios existentes;
- Relação dos reservatórios previstos.

### **1 - Relatório do Grupo Interministerial**

Após a cheia de 1979 foi criado um grupo interministerial para discutir as ações para minimizar os efeitos das cheias na bacia. No relatório deste grupo (DNOS, 1992)

foi proposta preliminarmente a construção de quatro reservatórios para minimização dos efeitos das cheias na bacia, conforme apresentado na Tabela 03.

Tabela 03 – Reservatórios propostos pelo Grupo Interministerial

<b>Rio</b>	<b>Local</b>	<b>AD (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Volume a reter (10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)</b>
Doce	Óculos	15.000	1.800
Santo Antônio	A jusante da foz do rio Guanhões	8.000	960
Suaçui Grande	A jusante da foz do rio Urupaca	10.000	1.200
Manhuaçu	A jusante da foz do rio José Pedro	7.000	840

Para a elaboração desta proposta foram consideradas as informações da cheia de 1979 registrada em Colatina, onde a área de drenagem é da ordem de 77.000 km<sup>2</sup>, e a cheia, segundo o relatório do Grupo, atingiu 11.500 m<sup>3</sup>/s, e a vazão a partir da qual foram registrados prejuízos significativos na cidade foi de 5.700 m<sup>3</sup>/s. Com estes dados verificou-se que o volume a ser armazenado na bacia para o controle da cheia em Colatina deveria ser da ordem de 4.800 Mm<sup>3</sup>.

Nesse relatório a escolha dos pontos foi feita de forma preliminar tentando evitar a inundação de estradas, especialmente a estrada de ferro Vitória/Minas. Portanto os reservatórios foram localizados nos afluentes e teriam um efeito pequeno no controle das cheias. No rio Doce, parte deste volume deveria ser armazenada a montante da confluência com o rio Piracicaba, evitando assim a relocação da ferrovia e de outras rodovias. Os demais eixos foram escolhidos nos principais afluentes do Doce que contribuem significativamente para as enchentes em Colatina: rio Santo Antônio, rio Suaçui Grande e rio Manhuaçu. A área de drenagem a montante dos eixos selecionados é da ordem de 40.000 km<sup>2</sup> e o volume que seria armazenado em cada reservatório era proporcional à área de drenagem a montante de cada eixo.

Os reservatórios de Cachoeira dos Óculos, no rio Doce, e a jusante do rio Guanhões, no rio Santo Antônio, beneficiariam Governador Valadares. O reservatório a jusante do rio Urupaca, no rio Suaçui Grande, beneficiaria Tumiritinga, Resplendor, Galiléia e Conselheiro Pena. E o reservatório a jusante do rio José Pedro, no rio Manhuaçu, beneficiaria Aimorés, Baixo Guandu, Colatina e Linhares.

Os eixos selecionados regularizariam somente as cheias em cerca de 50% da bacia, além disso, o eixo Óculos apresenta a restrição de estar localizado dentro do Parque Estadual do Rio Doce e sua construção acarretaria inundação de parte desta importante unidade de conservação.



## 2 - Relação dos reservatórios existentes

Os reservatórios voltados para geração de energia elétrica existentes atualmente na bacia do rio Doce, em sua grande maioria, são a fio d'água, ou seja, não foram dimensionados para regularização de grandes vazões e para controle de cheias. A Tabela 04 apresenta as usinas hidrelétricas da bacia que integram a rede do Operador Nacional do Sistema – ONS.

Tabela 04 – Usinas Hidrelétricas da Bacia do Rio Doce que integram a rede do ONS

<b>Reservatório</b>	<b>Volume (hm<sup>3</sup>)</b>
Guilman Amorim	2,73
Sá Carvalho	0,96
Candongá	2,35
Salto Grande	47
Porto Estrela	33,1
Baguari	6,5
Aimorés	12,1
Mascarenhas	4,04

Fonte: ONS

## 3 - Relação dos reservatórios previstos

Para a análise preliminar de novos eixos para construção de reservatórios com o objetivo de minimização dos efeitos das cheias na bacia do rio Doce foi feito o levantamento da relação dos eixos de usinas hidrelétricas (UHEs) e de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) disponibilizada pela EPE: em operação, já autorizadas, em fase de projeto básico e em fase de estudo de viabilidade. As características destes empreendimentos encontram-se apresentadas na Tabela 05. Ressalta-se que as coordenadas destes eixos são aproximadas e foram obtidas no Inventário de Estações Hidrometeorológicas da Rede Básica Nacional, disponível em [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br).

Tabela 05 – UHEs e PCHs em operação e previstas na bacia do rio Doce

Nome do Aproveitamento	Nome do rio	Regime de operação	Potência instalada (MW)	Tipo	Status	Estação *	Lat. *	Long. *	AD (km <sup>2</sup> ) *
Salto Grande	Santo Antônio	F	102,00	UHE	OP	56819080	-19,17	-42,78	8460,00
Porto Estrela	Santo Antônio	R	112,00	UHE	OP	56820080	-19,12	-42,67	9720,00
Guilman-Amorim	Piracicaba	F	140,00	UHE	OP	56675080	-19,70	-42,98	3980,00
Sá Carvalho	Piracicaba	F	78,00	UHE	OP	56688080	-19,65	-42,85	4170,00
Aimores	Doce	F	330,00	UHE	OP	56990780	-19,48	-41,07	71200,00
Mascarenhas	Doce	F	130,00	UHE	OP	56992380	-19,50	-40,95	73500,00
Candongá (Risoleta Neves)	Doce	F	140,00	UHE	OP	56338080	-20,20	-42,87	9130,00
Benjamim Mário Baptista (Nova Sinceridade)	Manhuaçu	F	9,00	PCH	OP	56960080	-20,20	-42,32	-
Bicas	Gualaxo do Norte	F	1,56	PCH	OP	56336000	-20,25	-43,37	-
Brecha	Piranga	F	12,40	PCH	OP	56091000	-20,71	-42,95	-
Brito	Piranga	F	2,90	PCH	OP	56101000	-20,46	-43,00	5916,00
Caboclo	Mainart/Gualaxo do Sul	F	4,16	PCH	OP	56194000	-20,52	-43,51	343,00
Cachoeira dos Prazeres	Ribeirão dos Prazeres	F	3,83	PCH	OP	56210000	-20,47	-43,45	33,00
Cachoeirão	Manhuaçu	F	27,00	PCH	OP	-	-	-	-
Cocais Grande	Ribeirão Grande	F	10,00	PCH	OP	-	-	-	-
Dona Rita	Do Tanque	F	2,40	PCH	OP	56780000	-19,43	-43,20	891,00
Fumaça	Mainart/Gualaxo do Sul	F	10,00	PCH	OP	56230000	-20,45	-43,27	612,00
Funil	Mainart/Gualaxo do Sul	F	3,60	PCH	OP	56212000	-20,50	-43,47	372,00
Furquim	Do Carmo	F	6,00	PCH	OP	56148000	-20,37	-43,20	304,00
João Camilo Penna (ex-Cachoeira do Emboque)	Matipó	F	18,00	PCH	OP	56450180	-21,12	-42,40	
Neblina	Manhuaçu	F	6,47	PCH	OP	56974000	-19,82	-41,78	2092,00
Peti	Santa Bárbara	F	9,40	PCH	OP	56650000	-19,80	-43,23	680,00
Poquim	Poquim	F	1,41	PCH	OP	56898000	-17,97	-41,73	80,00
Rio Piracicaba	Piracicaba	F	9,40	PCH	OP	56620000	-19,86	-43,12	1298,30
Salto	Mainart/Gualaxo do Sul	F	4,24	PCH	OP	56209000	-20,50	-43,45	360,00
Sinceridade	Manhuaçu	F	1,42	PCH	OP	-	-	-	-
Sumidouro	Santo Antônio	F	2,12	PCH	OP	-	-	-	-
Tronqueiras	Tronqueiras	F	8,50	PCH	OP	56846800	-18,70	-42,35	510,00
Bau I	Piranga	F	110,10	UHE	AU	56115080	-20,30	-42,92	6660,00

Nome do Aproveitamento	Nome do rio	Regime de operação	Potência instalada (MW)	Tipo	Status	Estação *	Lat. *	Long. *	AD (km <sup>2</sup> ) *
Baguari	Doce	F	140,00	UHE	AU	56846080	-19,03	-42,13	38600,00
Jurumirim	Casca	F	18,00	PCH	AU	-	-	-	-
Cachoeira Grande	Suaçuí Grande	F	20,00	PCH	AU	56875080	-18,42	-42,13	5290,00
Chica Valadares	Preto	F	3,54	PCH	AU	-	-	-	-
Imbé I	Preto	F	2,33	PCH	AU	-	-	-	-
São Gonçalo	Santa Bárbara	F	13,00	PCH	AU	-	-	-	-
Dores de Guanhões	Guanhões	F	14,00	PCH	AU	56808080	-19,05	-42,88	2060,00
Jacaré	Guanhões	F	9,00	PCH	AU	-	-	-	-
Senhora do Porto	Guanhões	F	12,00	PCH	AU	56800000	-18,89	-43,08	1521,00
Barra da Paciência	Corrente Grande	F	23,00	PCH	AU	-	-	-	-
Corrente Grande	Corrente Grande	F	14,00	PCH	AU	56845005	-18,92	-42,75	1210,00
Fortuna II	Corrente Grande	F	9,00	PCH	AU	-	-	-	-
Pipoca	Manhuaçu	F	20,00	PCH	AU	-	-	-	-
Varginha	José Pedro	F	7,00	PCH	AU	-	-	-	-
Várzea Alegre	José Pedro	F	7,00	PCH	AU	-	-	-	-
Jurumirim	Piranga	R	48,00	UHE	PB	-	-	-	-
Água Limpa	Piracicaba	F	16,50	PCH	PB	-	-	-	-
Areia Branca	Manhuaçu	F	19,80	PCH	PB	-	-	-	-
Axupé	Do Peixe	F	5,00	PCH	PB	-	-	-	-
Boa Vista	Suaçuí Pequeno	F	10,00	PCH	PB	-	-	-	-
Bonfim de Baixo	Matipó	F	8,30	PCH	PB	-	-	-	-
Brás Pires	Xopotó	F	5,00	PCH	PB	56055000	-20,85	-43,24	1089,00
Brito	Piranga	F	23,00	PCH	PB	56101000	-20,46	-43,00	5916,00
Cabeça de Boi	Do Tanque	F	10,00	PCH	PB	-	-	-	-
Cachoeira da Fumaça	Tronqueiras	F	9,00	PCH	PB	-	-	-	-
Cachoeira da Povidência	Casca	F	11,70	PCH	PB	-	-	-	-
Cachoeira Escura	Casca	F	20,70	PCH	PB	-	-	-	-
Cachoeira Grande	Santana	F	4,30	PCH	PB	-	-	-	-
Canastra	Suaçuí Grande	F	6,00	PCH	PB	-	-	-	-
Cantagalo	Piranga	F	30,00	PCH	PB	-	-	-	-

Nome do Aproveitamento	Nome do rio	Regime de operação	Potência instalada (MW)	Tipo	Status	Estação *	Lat. *	Long. *	AD (km <sup>2</sup> ) *
Coqueiro	Suaçuí Grande	F	6,00	PCH	PB	-	-	-	-
Covanca	Do Carmo	F	11,50	PCH	PB	-	-	-	-
Encoberto	Piranga	F	8,00	PCH	PB	-	-	-	-
Ferradura	Santo Antônio	F	23,00	PCH	PB	-	-	-	-
Figueirinha I	Corrente Grande	F	13,50	PCH	PB	-	-	-	-
Fortuna II	Corrente Grande	F	9,00	PCH	PB	-	-	-	-
Fumaça	Suaçuí Grande	F	8,00	PCH	PB	-	-	-	-
Granada	Matipó	F	14,00	PCH	PB	56450180	-21,12	-42,40	-
Guaraciaba	Piranga	F	19,50	PCH	PB	-	-	-	-
Jacaré	Guanhães	F	9,00	PCH	PB	-	-	-	-
Jurumirim	Casca	F	18,10	PCH	PB	-	-	-	-
Limeira	Suaçuí Grande	F	14,00	PCH	PB	56888080	-18,57	-41,95	9540,00
Mareta	Suaçuí Grande	F	7,00	PCH	PB	-	-	-	-
Matão	Suaçuí Grande	F	9,00	PCH	PB	-	-	-	-
Melo Viana (Recapacitação)	Matipó	F	9,66	PCH	PB	-	-	-	-
Ouro Fino	Santo Antônio	F	28,40	PCH	PB	56788080	-19,17	-42,80	6370,00
Paíol	Suaçuí Grande	F	28,00	PCH	PB	-	-	-	-
Paraíso	Mainart/Gualaxo do Sul	F	10,00	PCH	PB	56240000	-20,38	-43,19	857,00
Pasto de Grama	São manuel	F	5,10	PCH	PB	-	-	-	-
Piau	Suaçuí Grande	F	17,00	PCH	PB	-	-	-	-
Pirapitinga	Suaçuí Pequeno	F	11,00	PCH	PB	-	-	-	-
Porcos (km 50,9)	Santo Antônio	F	5,50	PCH	PB	-	-	-	-
Porto Firme	Piranga	F	16,50	PCH	PB	56075000	-20,67	-43,09	4251,00
Quebra Dedo	Suaçuí Grande	F	16,00	PCH	PB	-	-	-	-
Quenta Sol	Piracicaba	F	9,00	PCH	PB	-	-	-	-
Retiro I	Suaçuí Pequeno	F	20,10	PCH	PB	-	-	-	-
Rosário	Do Carmo	F	11,00	PCH	PB	-	-	-	-
Santa Cruz	Suaçuí Grande	F	15,00	PCH	PB	-	-	-	-
Santo Antônio	Santo Antônio	F	7,00	PCH	PB	-	-	-	-
Santo Antônio do Porto	Suaçuí Pequeno	F	15,80	PCH	PB	-	-	-	-

Nome do Aproveitamento	Nome do rio	Regime de operação	Potência instalada (MW)	Tipo	Status	Estação *	Lat. *	Long. *	AD (km <sup>2</sup> ) *
São João	Do Peixe	F	10,00	PCH	PB	-	-	-	-
São Romão	José Pedro	F	3,50	PCH	PB	-	-	-	-
Sapé	Do Tanque	F	19,50	PCH	PB	-	-	-	-
Serra do Azeite	Manhuaçu	F	13,50	PCH	PB	-	-	-	-
Sete Cachoeiras	Santo Antônio	F	17,60	PCH	PB	-	-	-	-
Tabaúna	Manhuaçu	F	27,00	PCH	PB	-	-	-	-
Taquari	Santa Bárbara	F	24,00	PCH	PB	-	-	-	-
Vila Verde	São José	F	3,60	PCH	PB	56996000	-19,97	-40,88	-
Bíboca	Doce	F	57,00	UHE	EV	-	-	-	-
Bom Retiro	Piranga	R	45,00	UHE	EV	-	-	-	-
Crenaque	Doce	F	81,00	UHE	EV	-	-	-	-
Escura	Doce	F	75,00	UHE	EV	56719080	-19,32	-42,35	24200,00
Galiléia	Doce	F	238,00	UHE	EV	56923080	-19,00	-41,57	55400,00
Resplendor II	Doce	F	144,00	UHE	EV	56946080	-19,30	-41,27	61200,00
Travessão	Manhuaçu	F	55,00	UHE	EV	56990580	-19,50	-41,17	8810,00
Borges	Caratinga	F	12,00	PCH	EV	-	-	-	-
Cachoeira Alegre	Casca	F	7,50	PCH	EV	-	-	-	-
Cachoeira de Palha	Tronqueiras	F	10,10	PCH	EV	-	-	-	-
Cipotânea	Xopotó	F	7,50	PCH	EV	-	-	-	-
Corredeira do Jacaré	Casca	F	11,50	PCH	EV	-	-	-	-
Figueirinha II	Corrente Grande	F	8,00	PCH	EV	-	-	-	-
Mainart	Gualaxo do Sul	F	8,00	PCH	EV	-	-	-	-
Maria Bonita	Guandu	F	8,50	PCH	EV	-	-	-	-
Normandes	Xopotó	F	17,00	PCH	EV	-	-	-	-
Santa Rita	Suaçuí Pequeno	F	8,90	PCH	EV	-	-	-	-
Santa Rosa	Guandu	F	10,00	PCH	EV	-	-	-	-
Sete Moinhos	Piracicaba	F	11,00	PCH	EV	-	-	-	-

REGIME DE OPERAÇÃO: F – FIO D'ÁGUA; R- REGULARIZAÇÃO; STATUS: OP – OPERAÇÃO; AU – AUTORIZADA; PB - PROJETO BÁSICO; EV – ESTUDO DE VIABILIDADE

\* INFORMAÇÕES RETIRADAS DO INVENTÁRIO DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS ; Fonte: EPE

## RESULTADOS

A avaliação de novos eixos foi feita especificamente para as cidades de Ponte Nova, Governador Valadares e Colatina. Porém, como as cidades de Tumiritinga, Resplendor, Itueta, Galiléia, Conselheiro Pena, Aimorés, Baixo Guandu e Linhares estão localizadas nas margens do rio Doce, estas também seriam beneficiadas pelos eixos propostos.

### 1 - Ponte Nova

A montante da cidade de Ponte Nova já se encontra em operação as PCHs Brecha e Brito, ambas sem capacidade de controle de cheias. Está prevista a PCH Porto Firme, a qual foi estudada para o controle de cheias em Ponte Nova (Figura 02), salientando que esta PCH está em fase de projeto básico, conforme Tabela 05. A Tabela 06 apresenta as informações utilizadas na análise deste eixo.



Figura 02 – Diagrama Unifilar do Rio Piranga

Tabela 06 – Informações utilizadas na análise de reservatórios para controle de cheias em Ponte Nova

Local	Rio	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Duração da cheia (d)	Q2 (m <sup>3</sup> /s)	Q100 (m <sup>3</sup> /s)
Ponte Nova	Piranga	6.132	4,6	516	1.828
Porto Firme	Piranga	4.251	4,3	358*	1.267*

\* - Estimativa baseada em Ponte Nova

O volume estimado do reservatório em Porto Firme para controle de cheias em Ponte Nova seria de 167Mm<sup>3</sup>. Considerando a vazão afluente ao reservatório igual a Q100 (1.267m<sup>3</sup>/s) e defluente igual a Q2 (358m<sup>3</sup>/s), como não haveria controle de cheia na área incremental de 1.881 km<sup>2</sup>, esta área continuaria contribuindo com 561m<sup>3</sup>/s (1828-1267), assim a vazão em Ponte Nova seria aproximadamente igual a 918 m<sup>3</sup>/s (561+358), o que corresponde a cheia com recorrência de 10 anos nesta localidade, segundo Tabela 01.

### 2 - Governador Valadares

As cheias em Governador Valadares são provocadas basicamente por três rios: Doce/Piranga, Piracicaba e Santo Antônio. Portanto, para o controle de cheias nesta cidade é necessário buscar um eixo a jusante da confluência do rio Doce com estes afluentes, caso isto não seja possível, é necessário locar mais de um eixo: no rio Doce e em cada um dos seus afluentes.

A montante da cidade de Governador Valadares, no rio Doce, existem duas UHEs em operação: Candonga e Baguari, sendo que para esta, antes da construção, foi analisada a possibilidade do uso para controle de cheias, porém foi descartado na fase de viabilidade. Está prevista ainda no rio Doce a UHE Escura, na fase de estudo de viabilidade. A construção de um reservatório neste eixo, provavelmente terá as restrições: a relocação da ferrovia, da rodovia, e da CENIBRA. Porém, como o eixo da UHE Escura está localizado no rio Doce entre as confluências dos rios Piracicaba e Santo Antônio, mesmo com estas possíveis restrições, este eixo foi analisado para controle de cheias.

Na bacia do rio Santo Antônio atualmente existem duas UHEs em operação: Porto Estrela e Salto Grande, sendo que esta tem a particularidade de possuir dois reservatórios: um no rio Santo Antônio e outro no seu afluente rio Guanhães. Devido a grande quantidade de sedimentos transportada nos cursos d'água desta bacia, os reservatórios da UHE Salto Grande estão bastante assoreados. Nesta bacia está prevista a construção da PCH Ouro Fino, em fase de projeto básico, sendo que este foi o eixo analisado para a construção de reservatório para controle de cheias em Governador Valadares.

Na bacia do rio Piracicaba atualmente encontram-se em operação as UHEs Guilman Amorim e Sá Carvalho e as PCHs Peti e Rio Piracicaba. Nesta bacia estão previstos os seguintes empreendimentos: São Gonçalo e Taquari no rio Santa Bárbara; Água Limpa, Quenta Sol, Sete Moinhos no rio Piracicaba; porém não se obteve a localização exata destes empreendimentos. Ressalta-se que a construção de grandes reservatórios nesta bacia, possivelmente terá as restrições: relocação da ferrovia, de rodovias, existência de cidades ribeirinhas e usinas. Com isso, não foram analisados eixos na bacia do rio Piracicaba para controle de cheias em Governador Valadares.

No rio Doce, a montante da confluência com o rio Piracicaba, foi proposto pelo Grupo Interministerial um reservatório em Óculos. Porém, este eixo não consta na relação disponibilizada pela EPE. Ressalta-se que a restrição quanto à construção de um reservatório neste ponto é o Parque do Rio Doce, conforme citado anteriormente.

Portanto, para o controle de cheias na cidade de Governador Valadares foram analisadas preliminarmente as seguintes alternativas para a construção de reservatórios, cujas informações encontram-se apresentadas na Tabela 07:

- Alternativa 1 – Reservatórios: Escura (Doce) e Ouro Fino (Santo Antônio) (Fig.03);

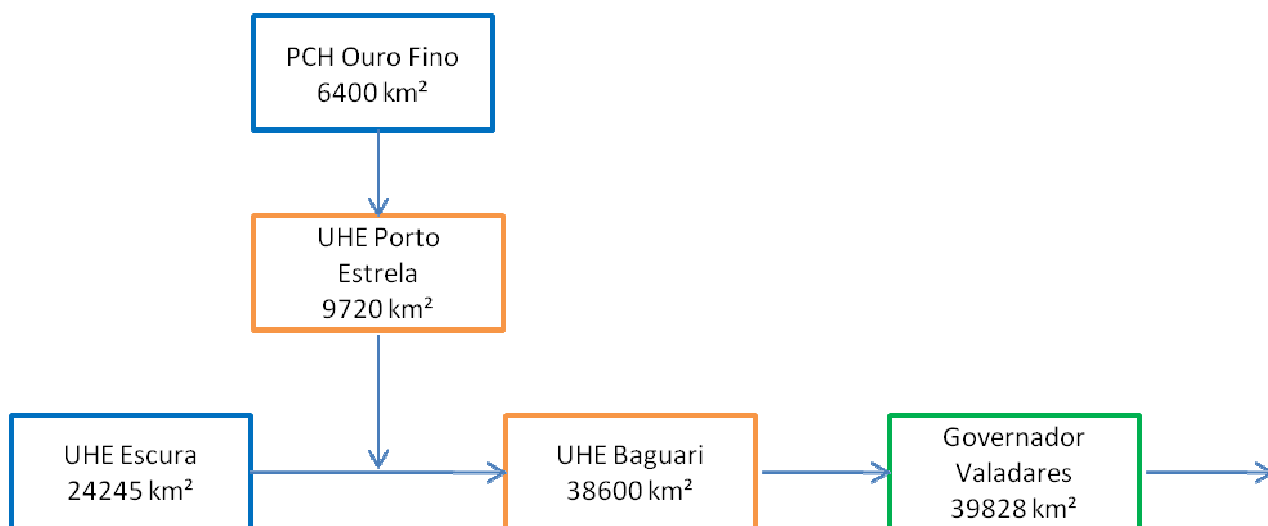


Figura 03 – Diagrama Unifilar do rio Doce – Alternativa 1

- Alternativa 2 – Reservatórios: Óculos (Doce) e Ouro Fino (Santo Antônio) (Fig.04);

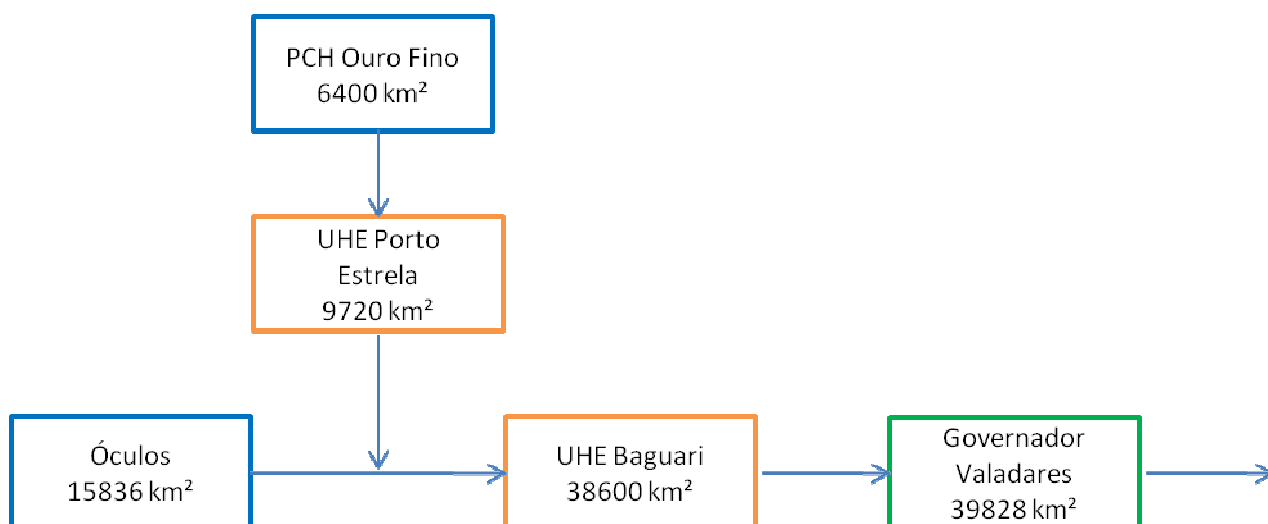


Figura 04 – Diagrama Unifilar do rio Doce – Alternativa 2

- Alternativa 3 – Reservatórios: Porto Firme (Piranga) e Ouro Fino (Santo Antônio) (Fig.(05).

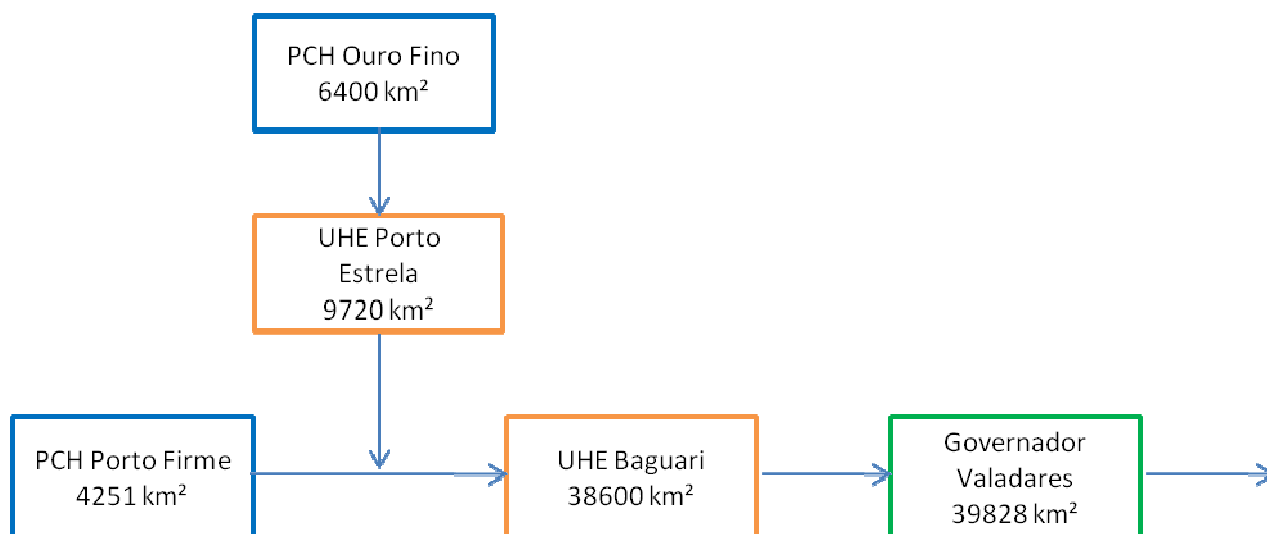


Figura 05– Diagrama Unifilar do rio Doce – Alternativa 3



Tabela 07 - Informações utilizadas na análise de reservatórios para controle de cheias em Governador Valadares

Local	Rio	Área drenagem (km <sup>2</sup> )	Duração da cheia (d)	Q2 (m <sup>3</sup> /s)	Q100 (m <sup>3</sup> /s)
Porto Firme	Piranga	4.251	4,3	358*	1.267*
Óculos	Doce	15.836	5,5	868	2.657
Escura	Doce	24.245	6,0	1.657	5.249
Ouro Fino	Santo Antônio	6.400	4,6	831**	2.665**
Governador Valadares	Doce	39.828	6,7	2.354	7.185

\* - Estimativa baseada em Ponte Nova; \*\* - Fonte: UFRRJ, 2002. Estimativa baseada em Ferros

Considerando a Alternativa 1, o volume estimado do reservatório da UHE Escura seria de 935Mm<sup>3</sup> e o de Ouro Fino de 366Mm<sup>3</sup>. Haveria o controle das cheias em cerca de 30.645 km<sup>2</sup> da bacia; a área incremental de 9.183 km<sup>2</sup> continuaria sem controle contribuindo com cerca de 1.656m<sup>3</sup>/s, assim as enchentes inferiores a Q100 seriam menores 4.144 m<sup>3</sup>/s (1656+1657+831) em Governador Valadares, ou seja, menores do que Q10.

Na Alternativa 2, o volume estimado do reservatório de Óculos seria de 428Mm<sup>3</sup>. Haveria o controle de cheias em 22.236 km<sup>2</sup> da bacia; a área incremental de 17.592 km<sup>2</sup> continuaria sem controle contribuindo com cerca de 3.173 m<sup>3</sup>/s, assim as cheias menores do que Q100, seriam menores do que 4.872 m<sup>3</sup>/s (3173+ 868+831) em Governador Valadares, menores do que a Q20.

Na Alternativa 3, considerando o reservatório de Porto Firme, a ser construído para o controle de cheias em Ponte Nova, e o reservatório de Ouro Fino, haveria o controle em 10.500 km<sup>2</sup> da bacia, mas a área incremental de 29.177 km<sup>2</sup> continuaria sem controle contribuindo com cerca de 5.263 m<sup>3</sup>/s, assim com isto as cheias inferiores a Q100, seriam menores do que 6.452m<sup>3</sup>/s (5263+358+831) em Governador Valadares, menores do que a Q60.

Com estes resultados verifica-se que:

- Com a construção dos reservatórios Escura e Ouro Fino, as cheias menores do que Q100, seriam menores do que Q10 em Governador Valadares. Mesmo neste caso haveria a necessidade do ordenamento territorial nesta cidade, pois, segundo CPRM, 2005, algumas áreas ocupadas nesta cidade são atingidas pela Q10. As restrições desta alternativa são: possível relocação da ferrovia, de rodovias e da CENIBRA.
- Com a construção do reservatório em Óculos, as cheias menores do que Q100 seriam menores do que Q20 em Governador Valadares. Para a melhoria da eficiência desta alternativa podem ser estudados outros eixos no rio Piracicaba. A restrição desta alternativa é a possibilidade de inundação de parte do Parque Estadual do Rio Doce.
- Com a construção do reservatório de Porto Firme para o controle de cheias em Ponte Nova, juntamente com o reservatório de Ouro Fino, verifica-se que para cheias menores do que Q100,

seriam registradas vazões menores do que Q60 em Governador Valadares. Para a melhoria da eficiência desta alternativa recomenda-se que sejam estudados outros eixos nos rios Piracicaba, do Carmo, Casca, Matipó, Suaçuí Pequeno e Corrente Grande.

### 3 - Colatina

As cheias em Colatina são provocadas pelo rio Doce e agravadas pela contribuição de seus principais afluentes a jusante de Governador Valadares, rios: Suaçuí Grande e Manhuaçu, que têm área de drenagem em sua foz da ordem de 10.000 km<sup>2</sup> cada um. Portanto, para o controle de cheias em Colatina foram avaliados eixos no rio Doce e nos afluentes citados anteriormente.

Na bacia do Suaçuí Grande estão previstas duas PCHs em fase de projeto básico: Limeira e Cachoeira Grande. Foi estudada preliminarmente a alternativa de construção de um reservatório de controle de cheias em Limeira, que tem área de drenagem maior do que Cachoeira Grande. Na bacia do rio Manhuaçu está prevista a UHE Travessão em fase de estudo de viabilidade, onde foi estudada preliminarmente alternativa de construção de um reservatório para controle de cheias. No rio Doce foi considerada a construção do reservatório em Escura e no rio Santo Antônio, em Ouro Fino (Figura 06). As informações utilizadas encontram-se apresentadas na Tabela 08.

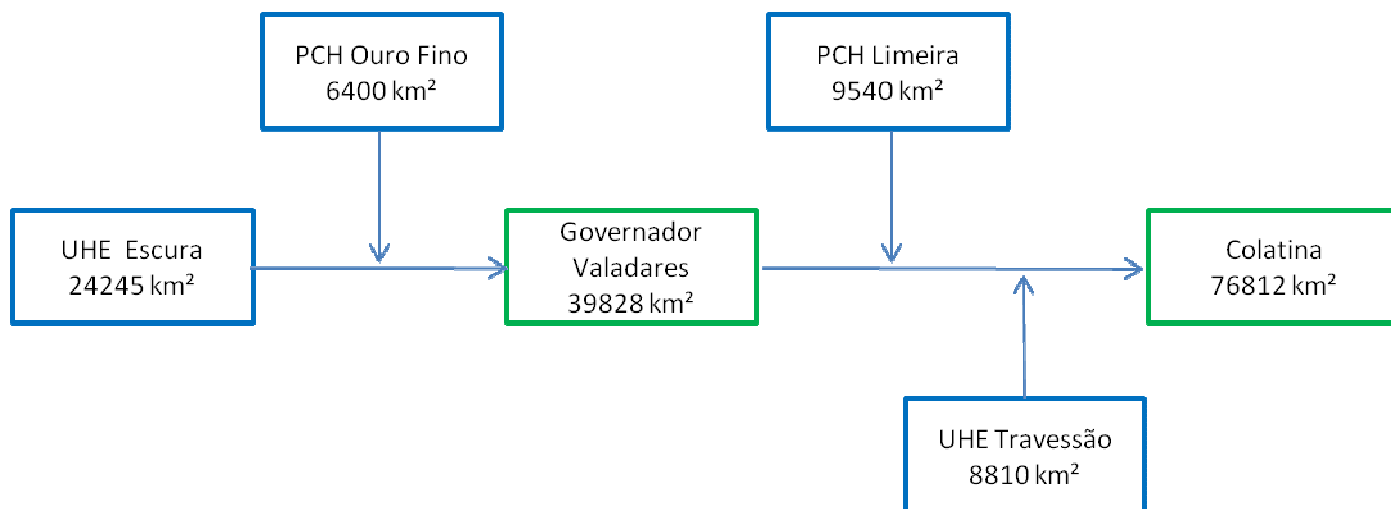


Figura 06– Diagrama Unifilar do rio Doce

Os volumes estimados dos reservatórios de Limeira e Travessão seriam de 154Mm<sup>3</sup> e 200Mm<sup>3</sup>. Com a construção destes reservatórios, cerca de 48.995km<sup>2</sup> da bacia teriam as cheias controladas, mas a área incremental de cerca de 27.817km<sup>2</sup> continuaria sem controle contribuindo com cerca de 3.910m<sup>3</sup>/s, com isto as cheias inferiores a Q100, seriam menores do que 7.341m<sup>3</sup>/s (3910+1657+831+382+561), seriam menores do que a Q20 nesta cidade. Isto implicaria na necessidade de zoneamento territorial nas áreas inundadas por esta vazão. Para melhorar a eficiência desta alternativa pode-se estudar eixos nos rios Cuieté/Caratinga, Guandu e José Pedro.

Tabela 08 - Informações utilizadas na análise de reservatórios para controle de cheias em Colatina

Local	Rio	Área drenagem (km <sup>2</sup> )	Duração da cheia (d)	Q2 (m <sup>3</sup> /s)	Q100 (m <sup>3</sup> /s)
Cachoeira Escura	Doce	24.245	6,0	1.657	5.249
Ouro Fino	Santo Antônio	6.400	4,6	831**	2.665**
Limeira	Suaçui Grande	9.540	5,0	382*	1.095*
Travessão	Manhuaçu	8.810	4,9	561*	1.502*
Colatina	Doce	76.812	7,6	3.796	10.797

\* Baseada em Vila Matias e S.Sebastião da Encruzilhada; \*\* Fonte: UFRRJ, 2002. Baseada em Ferros

## CONCLUSÕES

Foi analisada, de forma preliminar, a construção de alguns reservatórios na bacia para o controle de cheias nas cidades: Ponte Nova, Governador Valadares e Colatina e conseqüentemente nas cidades que estão localizadas às margens do rio Doce entre Governador Valadares e sua foz em Regência. Apesar da análise ser preliminar, verifica-se que as principais restrições de construções de reservatórios para controle de cheias na bacia, que pressupõe grandes volumes são: pequena declividade do rio Doce, nos seus trechos médio e baixo, resultando em grandes áreas de inundação; relocação da ferrovia e de rodovias; inundação de importante área de conservação (Parque Estadual do Rio Doce); existência de outras barragens e cidades ribeirinhas; além da grande quantidade de sedimentos que são transportados nos cursos d'água da bacia. Tais restrições provavelmente inviabilizarão a construção de reservatórios para o controle de cheias na bacia do rio Piracicaba, beneficiando as cidades de Nova Era, Antônio Dias, Coronel Fabriciano, Timóteo e Ipatinga, onde, provavelmente, a solução para minimização dos prejuízos decorrentes da cheia, seja o zoneamento das áreas inundáveis e seu efetivo ordenamento territorial. Já no rio Piranga, que é o trecho alto do rio Doce, para o beneficiamento da cidade de Ponte Nova, é possível que se encontre um eixo com capacidade de acumular o volume necessário para o controle das cheias nesta cidade. Porém a construção de um reservatório para este fim, neste ponto da bacia, pouco vai contribuir para o controle das cheias na cidade de Governador Valadares. Para beneficiar Governador Valadares, seria necessária a construção de um reservatório mais a montante possível da cidade no rio Doce e, dependendo do ponto de localização, seria necessária também a construção de um reservatório no rio Santo Antônio. Mesmo assim, a operação destes reservatórios deveria ser sincronizada para que, de fato, o controle das cheias fosse efetivo. Para beneficiar Colatina, seria necessária a construção dos reservatórios que beneficiariam Governador Valadares, mais em afluentes de porte, que deságuam no rio Doce, a jusante desta cidade.

Na análise considerou-se que todos os reservatórios teriam usos múltiplos de controle de cheias e geração de energia elétrica, não foi feita a análise de viabilidade da construção destes

reservatórios somente para o controle de cheias, neste caso, estes ficariam vazios em boa parte do tempo, o que poderiam torná-los viáveis sob o ponto de vista econômico e ambiental.

Recomenda-se que seja elaborado um estudo de análise de viabilidade de eixos para controle de cheias na bacia que contemple:

- viabilidade econômico-financeira da construção dos reservatórios visando somente o controle de cheias;
- interferência dos reservatórios a fio d'água previstos na bacia na vazão de pico das cheias;
- propagação da onda de cheia nos principais rios da bacia;
- avaliação da curva cota x área x volume dos eixos previstos neste artigo;
- avaliação de novos eixos para construção de reservatórios para controle de cheias para beneficiar as cidades localizadas às margens dos rios Piranga, Doce e Piracicaba;
- avaliação de eixos para controle de cheias em pequenas bacias, levando em conta os empreendimentos previstos pela EPE.

## BIBLIOGRAFIA

CBHDoce. *Relatório do Grupo de Trabalho Cheias do Rio Doce*. Belo Horizonte, 2005.

CPRM. *Definição da Planície de Inundação da Cidade de Governador Valadares – Relatório Técnico Final*. Belo Horizonte, 2004.

CPRM. *Projeto Modernização e Ampliação do Sistema de Alerta contra Enchentes na Bacia do Rio Doce*. Belo Horizonte, junho, 2006.

CPRM. *Sistema de Alerta contra Enchentes da Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – Dezembro de 2008 a Março de 2009*. Belo Horizonte, 2009.

DNOS. *Prevenção e Controle das Enchentes do Rio Doce*. Rio de Janeiro, 1982.

IGAM. *Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e Plano de Ações para as unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce*. Belo Horizonte, Junho de 2010.

UFRRJ. *Regionalização de Vazões para a Sub-bacia 56 – Relatório Técnico Final*. Rio de Janeiro, agosto de 2002.

Tucci, C.E.M & Bertoni, J.C. *Inundações Urbanas na América do Sul*. WMO/Global Water Paterniship/ABRH. Porto Alegre, 2003.