

**ESTUDO TÉCNICO-CIENTÍFICO VISANDO A DELIMITAÇÃO DE PARQUES
AQUÍCOLAS NOS LAGOS DAS USINAS HIDROELÉTRICAS DE FURNAS E
TRÊS MARIAS – MG**



RELATÓRIO DE CONSULTOR

**CONVÊNIO 8713 FUNDEP-UFMG Parques Aquícolas
SECTES-MG Nº 025/2005
PROCESSO: 00350.000278/2005-20**

ABRIL 2007

Proponente:

Secretária de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de Minas Gerais.

Praça da Liberdade s/nº

Prédio Verde esquina com rua Gonçalves Dias Bairro: Funcionários

CEP: 30140-010 – Belo Horizonte (MG)

Coordenador Científico (Executor):

Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto-Coelho

Departamento de Biologia Geral

Instituto de Ciências Biológicas

Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627

CEP 31210-901 - Belo Horizonte (MG)

Telefax 031 3499 2605

E-mail: rmpc@icb.ufmg.br

URL: <http://www.icb.ufmg.br/~rmpc>

Coordenadora de Relações Institucionais:

Dra. Magda K. Barcelos Greco

Coordenadora do Programa de Gestão Tecnológica em Recursos Hídricos

Secretária de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de Minas Gerais.

E-mail: magda.greco@tecnologia.mg.gov.br

Entidade gestora:

Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa da UFMG – FUNDEP

NAU – Núcleo de Apoio ao Usuário

Av. Antônio Carlos, 6627

Bairro São Francisco

31270-910 Belo Horizonte (MG)

Tel 3499 4224

E-mail: vangelo@fundep.ufmg.br

URL: <http://www.fundep.ufmg.br>

Gerente responsável: Wagner Mendes.

Logotipo: O logotipo do projeto procura realçar a noção de que é possível incrementar a produção de pescado nos reservatórios do Brasil através da manipulação dos recursos pesqueiros ali existentes, buscando um uso mais racional da produção biológica desses sistemas. Os impactos se existentes serão limitados a uma escala local (mancha verde) não comprometendo a qualidade geral do sistema (fundo azul). Logotipo desenvolvido pelo *designer gráfico* Cezar Costa (e-mail: celuco@zipmail.com.br).

PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE PARQUES AQUÍCOLAS

MEIO FÍSICO – HIDROLOGIA SUPERFICIAL

Dra. CRISTIANE PEIXOTO VIEIRA
Hidróloga

1 – INTRODUÇÃO

A avaliação da hidrologia superficial faz parte de uma etapa posterior à etapa de diagnóstico dos meios físico, biótico e sócio-econômico para identificação de áreas tecnicamente adequadas para aquicultura nos reservatórios de Três Marias e Furnas.

Na etapa de diagnóstico do meio físico foram desenvolvidas atividades de caracterização física das bacias nas quais os reservatórios se encontram tais como: uso do solo, cobertura vegetal, tipo de solo, distribuição do relevo, altitude, etc., que em conjunto com os diagnósticos dos outros meios permitiram formar um conhecimento das restrições quanto a áreas que podem ser ocupadas por tanques rede dentro dos reservatórios de Três Marias e Furnas.

A identificação dos parques aquícolas nesses reservatórios, foi, portanto, uma condição estabelecida anteriormente à avaliação hidrológica, já que essa não é fator limitante à implantação do parque e sim, condicionante à produção de piscicultura.

Dessa forma, essa etapa do trabalho se constituiu em uma caracterização hidrológica de cada um dos parques e áreas aquícolas identificados. A estimativa hidráulica dos tempos de residência da água em alguns braços dos reservatórios dentro dos parques aquícolas foi uma etapa relevante para se ter uma avaliação do tempo necessário à renovação da água em diferentes condições de vazão, variável essa, fundamental na avaliação da capacidade de suporte desses parques.

Foi feita ainda uma análise do regime operativo dos reservatórios a partir do histórico de dados existentes para avaliar a probabilidade de ocorrência de cada nível de água, bem como algumas inferências qualitativas a respeito das questões de sedimentos.

2 – PARQUES AQUÍCOLAS

2.1 RESERVATÓRIO DE FURNAS

No reservatório de Furnas foram identificados dois parques Aquícolas de acordo com critérios discutidos em outros itens desse relatório. O parque aquícola do rio Grande que compreende parte do braço próximo ao encontro desse com o rio Sapucaí, e o parque aquícola do rio Sapucaí.

Para cada um dos parques foi feita uma caracterização hidrológica da subbacia hidrográfica. As estações hidrométricas de monitoramento identificadas no reservatório de Furnas estão apresentadas na figura 1 e listadas na tabela 1.

FIGURA 1 – figura com limites dos 2 parques aquícolas e com todas as estações hidrométricas existentes (Marcelo Ávila)

TABELA 1 – Estações fluviométricas próximas aos Parques Aquícolas do reservatório de Furnas

CODIGO	NOME DA ESTAÇÃO	RIO	ÁREA (km2)	LAT.	LONG.
61150000	Ribeirão vermelho	Grande	15220	21:10:54	45:03:30
61173000	Usina Couro do Cervo	Couro do Cervo	813	21:20:31	45:10:17
61175000	Usina Nepomuceno	Cervo	1002	21:15:26	45:10:02
61176000	Fazenda do Moinho	Cervo		21:13:59	45:10:25
61202000	Santana do Jacaré	Jacaré	1506	20:54:11	45:07:55
61230000	Porto Capetinga	Grande	24713	20:40:00	45:50:00
61573000	Fama	Sapucaí	17667	21:24:00	45:33:00
61585000	Fazenda do Porto	Cabo Verde	775	21:00:00	46:00:00
61635000	Fazenda São José	Claro	250	21:06:00	46:07:00
61642000	Fazenda Novo Horizonte	rib. Santa Quitéria		21:01:00	46:05:00
61645000	Porto Carrito	Sapucaí	23504	20:57:00	46:05:00
61657000	São José da Barra	Grande	50096	20:42:00	46:08:00
61661000	Usina de Furnas	Grande	50464	20:40:00	46:20:00

3 – CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DOS PARQUES AQUÍCOLAS

3.1. PARQUE AQUÍCOLA DO RIO GRANDE

O rio Grande tem diversas estações fluviométricas instaladas ao longo do seu curso de água, entretanto, próximo ao local selecionado para implantação do Parque Aqüícola, muitas estações foram desativadas quando houve a formação do lago da UHE Furnas.

A avaliação de consistência dos dados fluviométricos para estimativa da vazão afluente em cada área aqüícola foi feita a partir de correlações de série de vazões e análise de continuidade para as estações localizadas no próprio rio Grande e em afluentes das duas margens, cuja área de drenagem se assemelha às áreas aqüícolas.

Os gráficos 1 a 4 mostram as correlações e continuidades avaliadas.

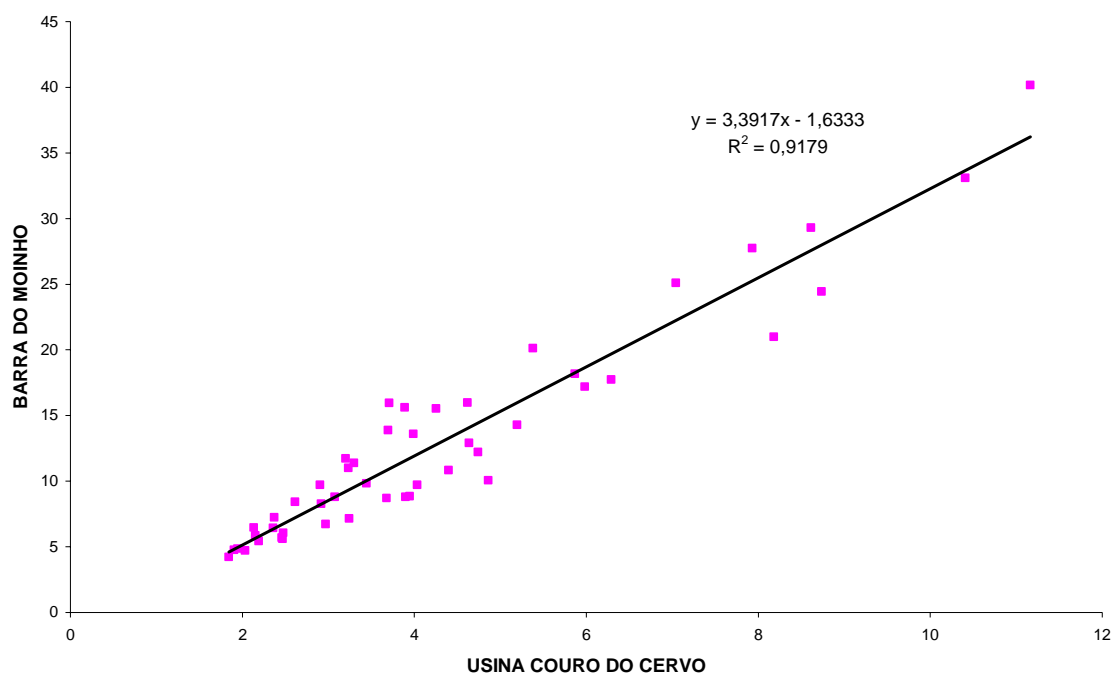


Gráfico 1 – Correlação entre as estações Usina Couro do Cervo e Fazenda do Moinho, no rio Cervo, afluente da margem esquerda do rio Grande, no período de 2002 a 2005.

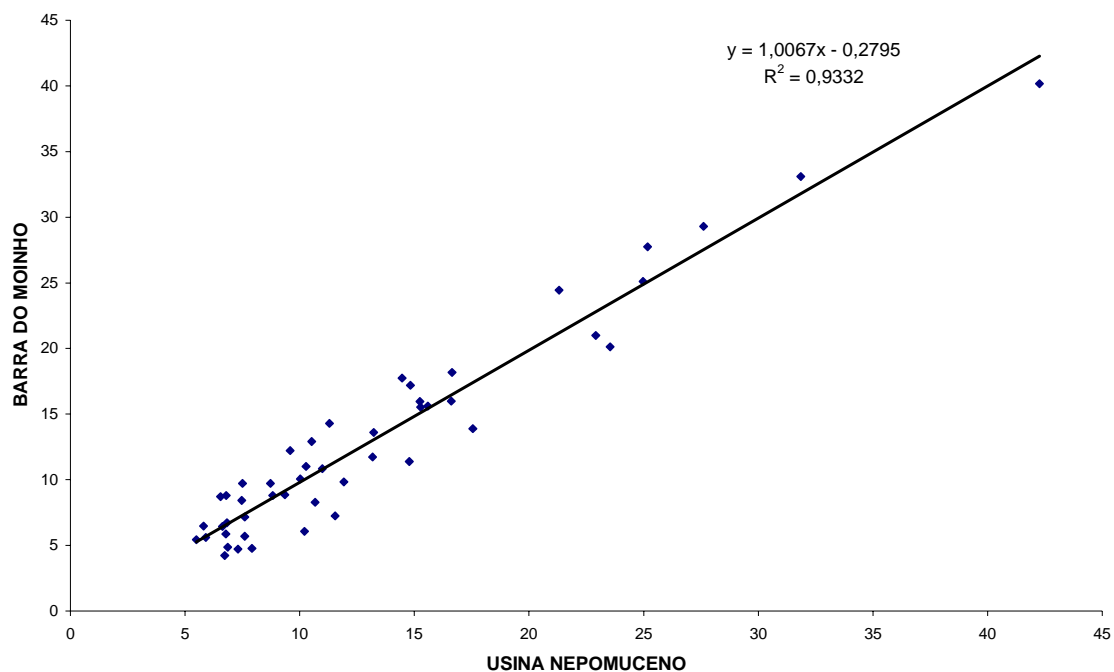


Gráfico 2 – Correlação entre estações Usina Nepomuceno e Barra do Moinho, no rio Cervo, afluente da margem esquerda do rio Grande, no período de 2002 a 2005.

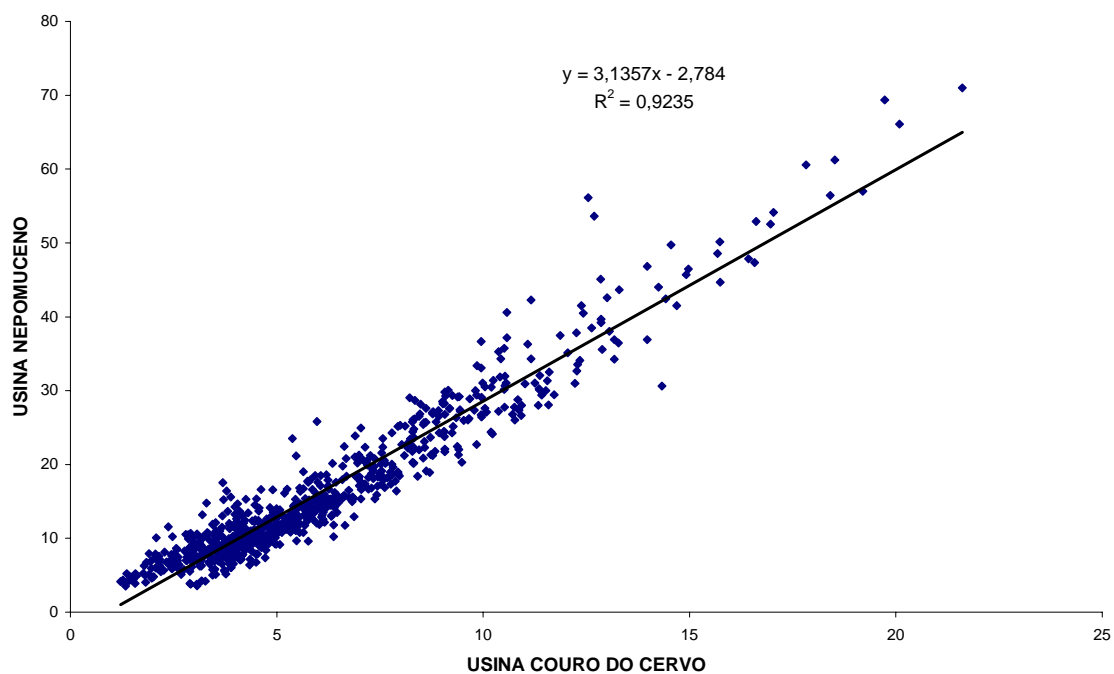


Gráfico 3 – Correlação entre estações Usina Couro do Cervo e Usina Nepomuceno, no rio Cervo, afluente da margem esquerda do rio Grande, no período de 1940 a 2005.

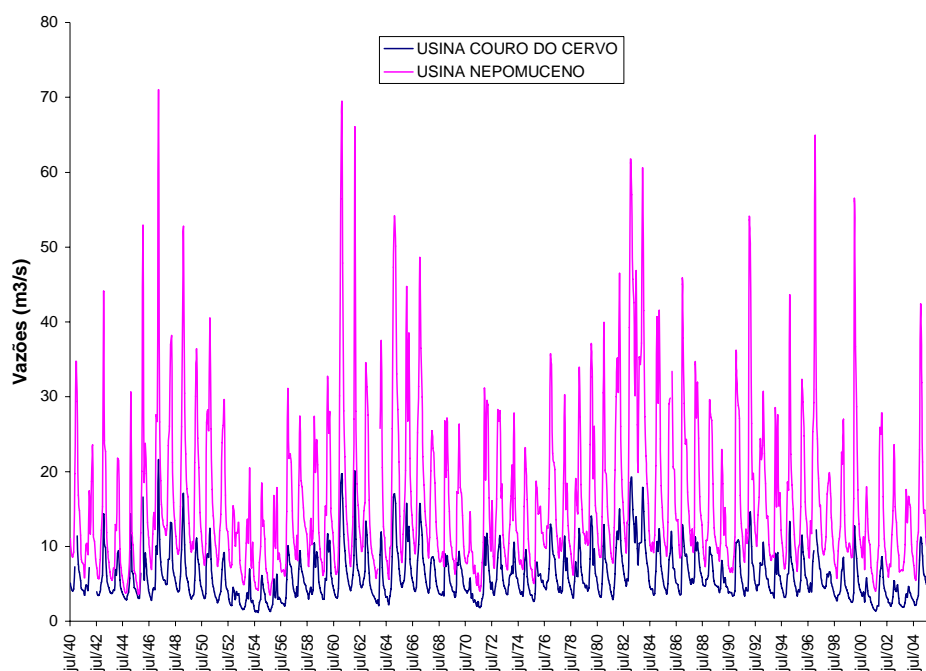


Gráfico 4 – Hidrograma das estações Usina Couro do Cervo e Usina Nepomuceno no período comum de 1940 a 2005.

Para uma análise dos dados de vazões da margem direita do rio Grande usou-se a estação Santana do Jacaré, no rio Jacaré. A ausência de outras estações no mesmo rio dificulta a análise de consistência da série de vazões dessa estação, entretanto, uma revisão da curva de descarga mostra que a estação apesar de ter duas curvas-chave para períodos distintos, a relação cota/vazão é unívoca e consistente, conforme mostrado no gráfico 5.

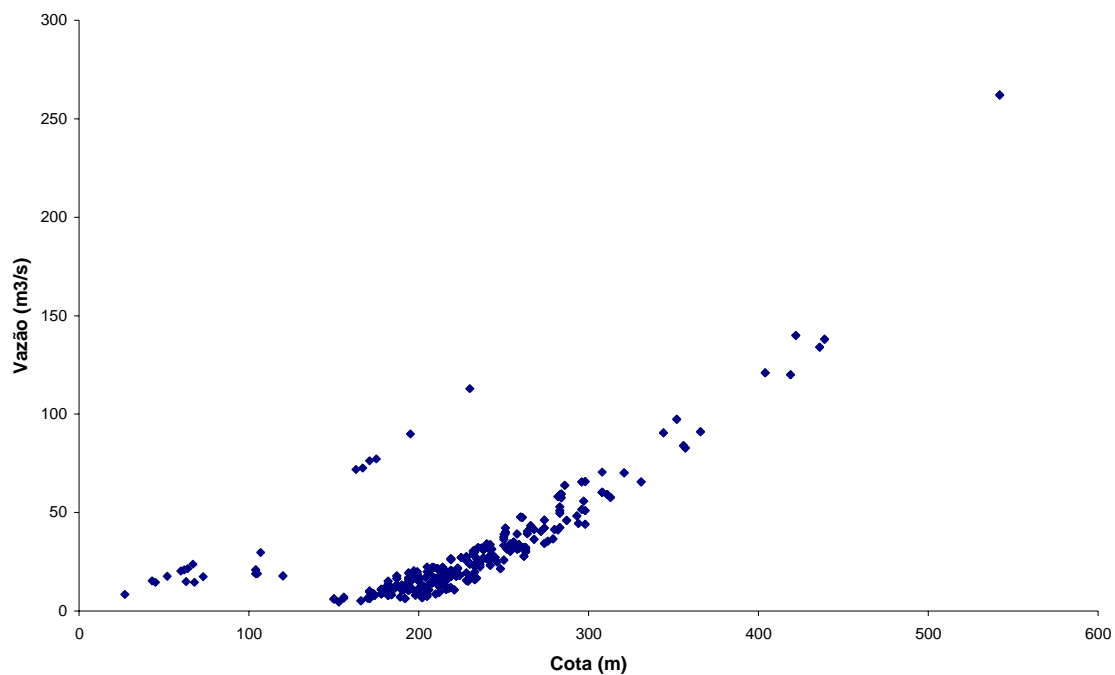


GRÁFICO 5 – Curva chave da estação Santana do Jacaré, no rio Jacaré, afluente pela margem direita do rio Grande.

Para avaliar a vazão que escoava pela calha do rio Grande foram usadas as estações de Ribeirão Vermelho, Porto Capetinga e São José da Barra em período de 1932 a 1962, quando ainda não existiam as usinas de acumulação que interferem na avaliação da produção de água natural da bacia.

Os gráficos 6 e 7 mostram as correlações de vazões entre as estações e o gráfico 8 a análise de continuidade.

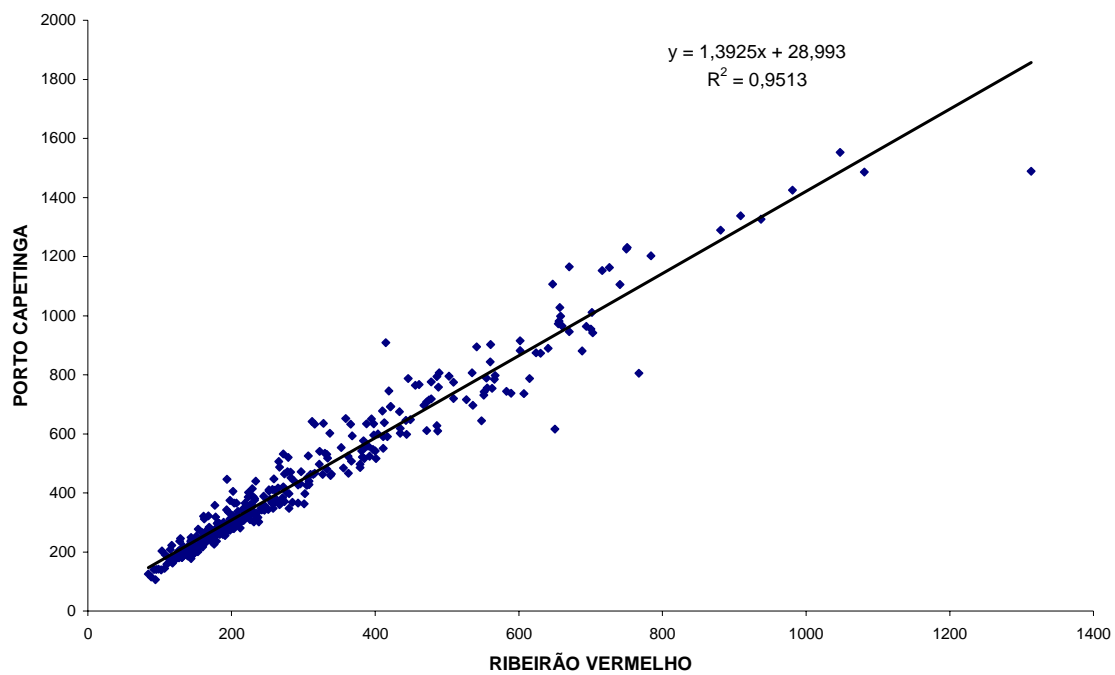


GRÁFICO 6 – Correlação entre as estações Ribeirão Vermelho e Porto Capetinga, no rio Grande

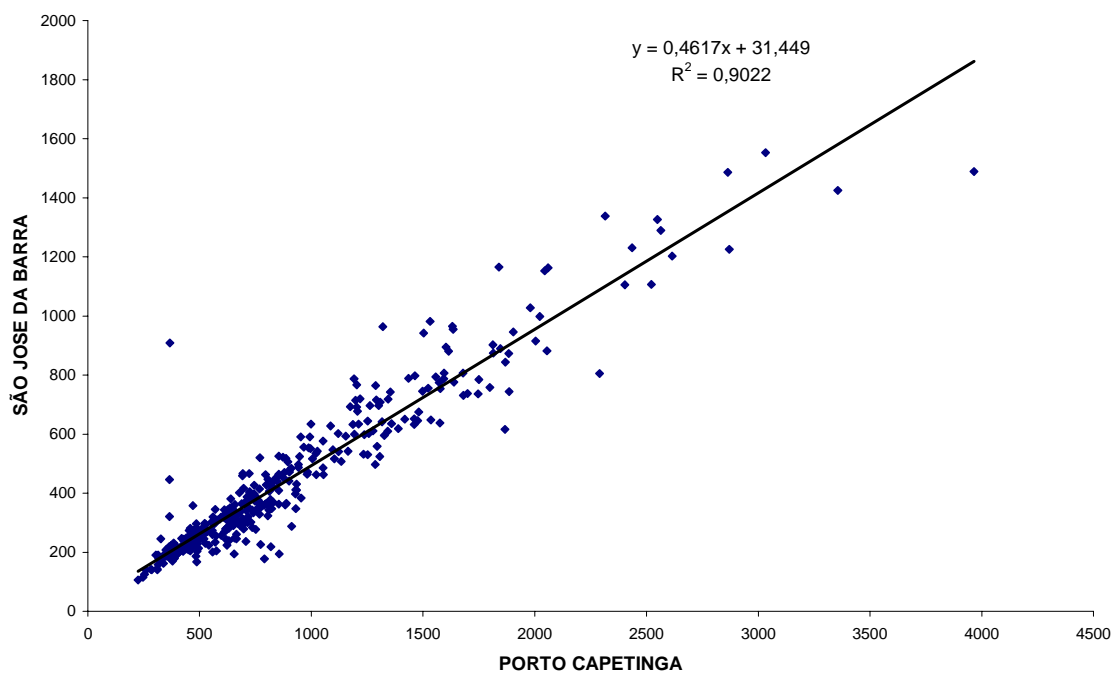


GRÁFICO 7 – Correlação entre as estações São José da Barra e Porto Capetinga, no rio Grande

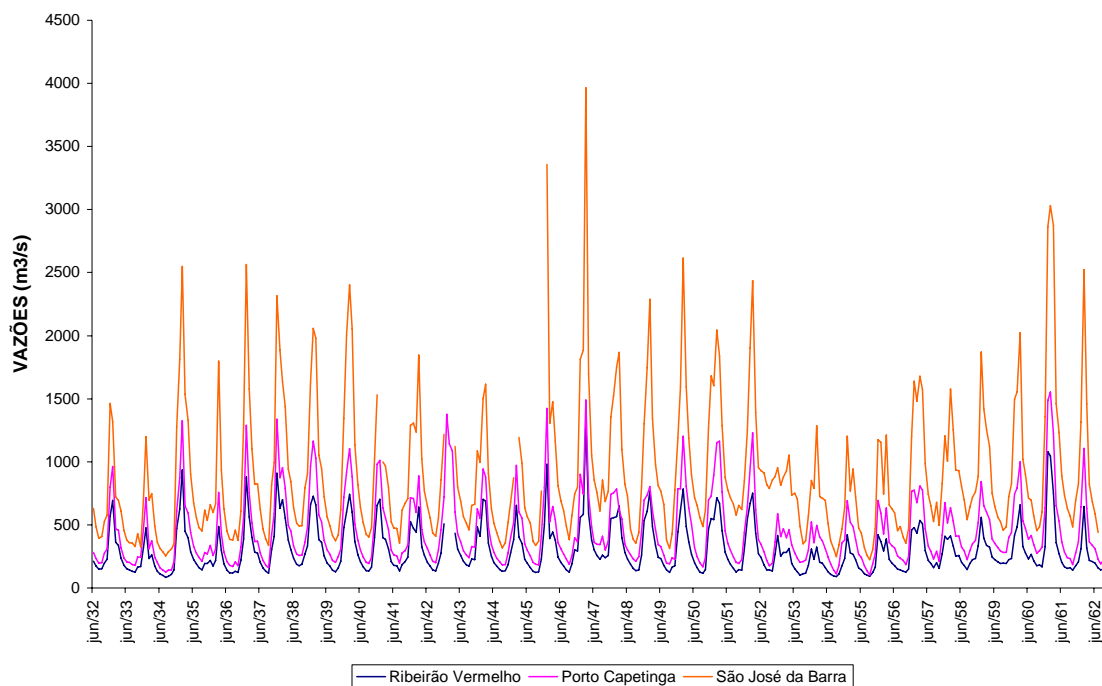


GRÁFICO 8 - Hidrograma das estações Ribeirão Vermelho, Porto Capetinga e São José da Barra.

A estimativa da vazão afluente a cada área aquícola definida pode ser feita de duas formas:

- Utilizando-se a vazão específica de rios pequenos cujas áreas de drenagem se assemelham às áreas de drenagem dos braços do reservatório;
- Gerando uma série incremental entre duas estações do rio Grande e usando a vazão específica dessa série.

As duas formas têm vantagens e desvantagens na sua utilização. Quando são usadas vazões específicas de bacias com áreas de drenagem semelhantes, a tendência é se aproximar mais da realidade, entretanto, seriam necessários conhecimentos mais específicos dessas bacias para se dizer que a produção de água é a mesma.

A vazão específica da série incremental tem a vantagem de compreender os braços onde se pretende estimar a vazão afluente, entretanto, essa série mistura subbacias de comportamentos diferentes.

A análise dos gráficos de correlações e continuidade apresentados indica que a qualidade das medições é boa em todas as estações avaliadas. Dessa forma, a tabela 2 apresenta as vazões específicas das estações localizadas em afluentes do rio Grande e da série incremental calculada a partir da diferença entre os dados de vazão das estações Porto Capetinga, Ribeirão Vermelho, Usina Nepomuceno e

Santana do Jacaré, conforme equação 1. Cabe destacar que o período de dados utilizado para obtenção das vazões específicas foi o período comum compreendido entre 1935 e 1962.

$$\text{IncrementalGR} = \text{Porto Capetinga} - (\text{Ribeirão Vermelho} + \text{Usina Nepomuceno} + \text{Santana do Jacaré}) \quad (1)$$

TABELA 2 – Vazões Características das estações do rio Grande e afluentes

	RIBEIRÃO VERMELHO		INCREMENTAL GR		USINA NEPOMUCENO		SANTANA DO JACARÉ	
	m ³ /s	m ³ /s km ²	m ³ /s	m ³ /s km ²	m ³ /s	m ³ /s km ²	m ³ /s	m ³ /s km ²
Q_{MLT}	305,86	0,0201	108,96	0,0156	15,41	0,0154	29,25	0,0194
Q_{PERÍODO SECO*}	183,01	0,0120	65,96	0,0094	9,70	0,0097	18,13	0,0120
Q_{MIN. MÉDIA MENSAL}	88,40	0,0058	11,06	0,0016	3,55	0,0035	7,07	0,0047

*Vazão média do período seco definida como sendo a média das vazões de maio a outubro.

Pela análise dos dados apresentados na tabela 2 pode-se observar que as vazões características da série incremental se assemelham bastante às vazões características do rio Cervo, afluente da margem esquerda do rio Grande, enquanto que, a margem direita apresenta uma produção de água mais semelhante à produção da calha principal.

3.2. PARQUE AQUÍCOLA DO RIO SAPUCAÍ

Para análise da produção de água na bacia do rio Sapucaí foram avaliadas estações fluviométricas localizadas no próprio rio Sapucaí e em seus afluentes.

Os gráficos 9 a 11 mostram as correlações de vazões nas estações disponíveis.

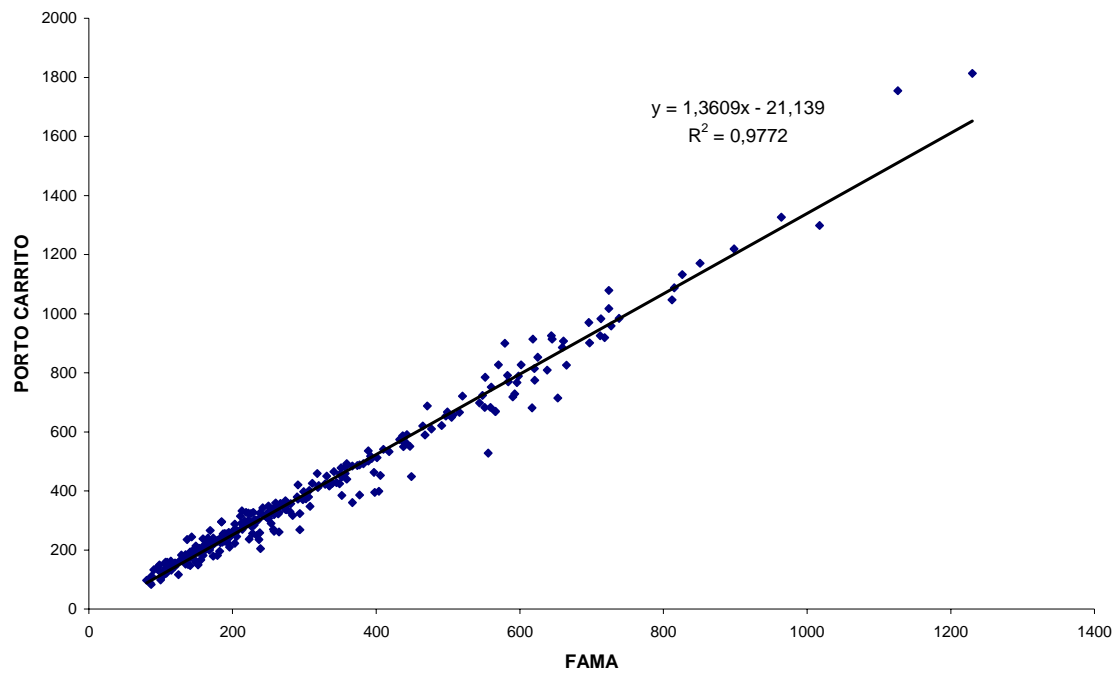


GRÁFICO 9 – Correlação entre as estações Fama e Porto Carrito, no rio Sapucaí, no período de 1932 a 1958.

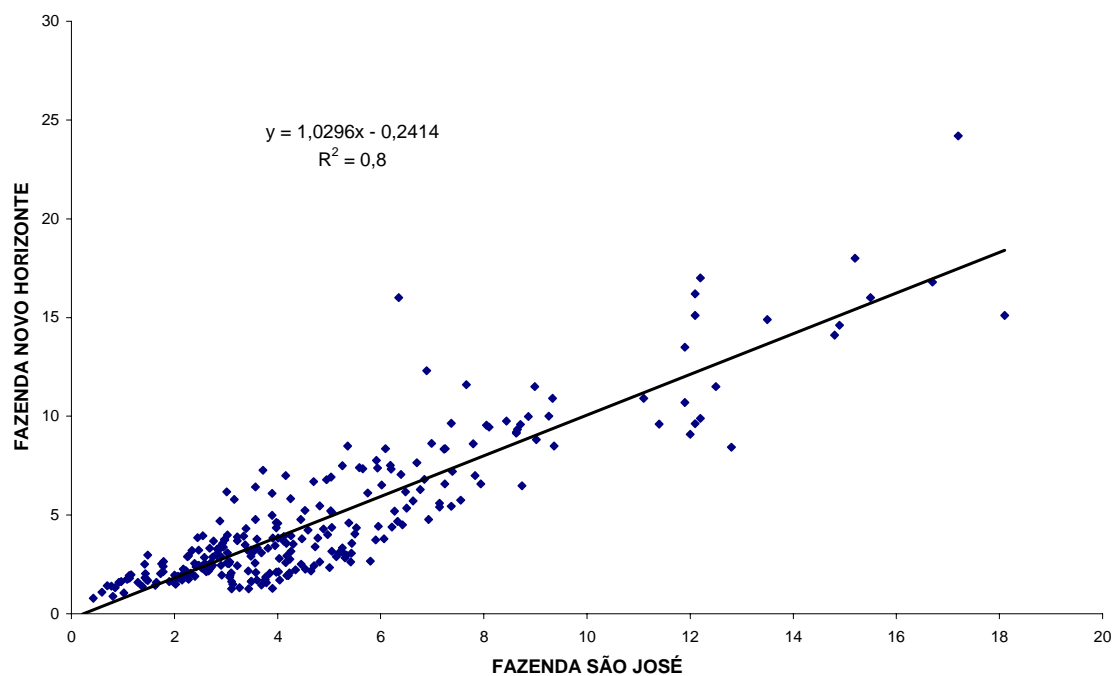


GRÁFICO 10 – Correlação entre as estações Fazenda Novo Horizonte, ribeirão Santa Quitéria e Fazenda São José, no rio Claro.

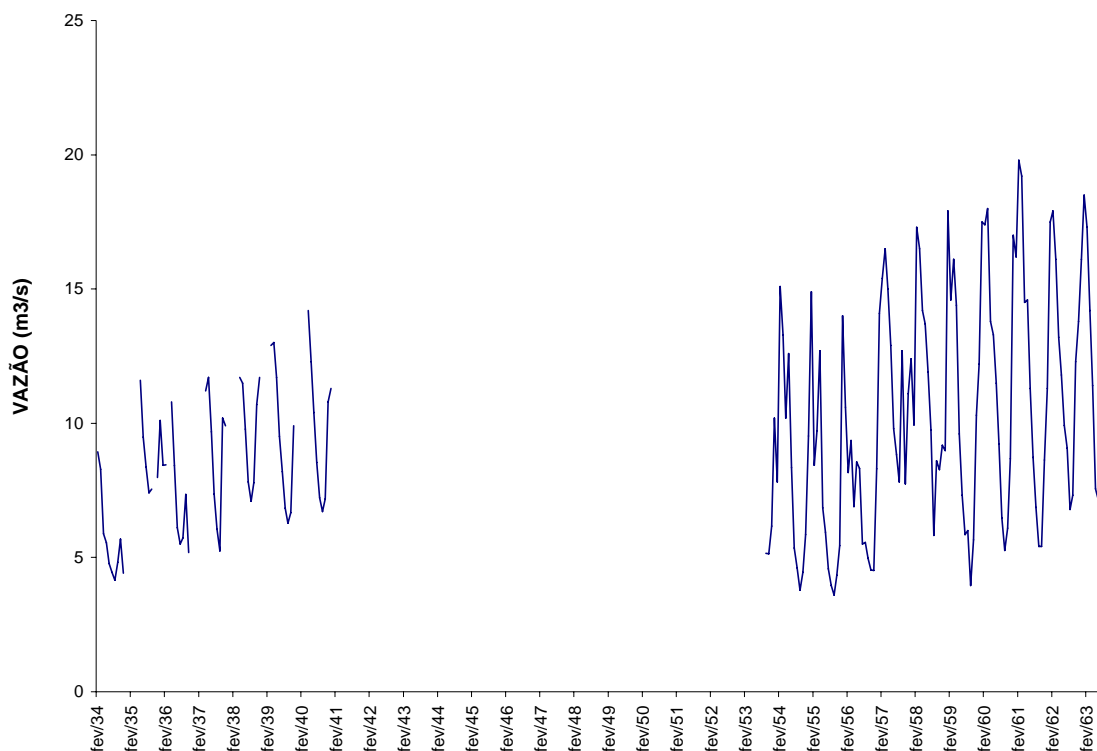


GRÁFICO 11 – Hidrograma da estação Fazenda do Porto, no rio Cabo Verde, afluente do rio Sapucaí pela margem direita.

A análise dos gráficos mostra que os dados da estação Fazenda do Porto apresentam um longo período de falhas e, portanto uma série pequena de dados. A falta de outras estações nesse mesmo curso de água ou em outros de características semelhantes dificulta a utilização desses dados. Entretanto, essa é a única estação com dados disponíveis na margem direita do rio Sapucaí, podendo ser uma boa referência para as vazões específicas desse local.

Os gráficos 9 e 10 mostram as correlações entre as vazões do ribeirão Santa Quitéria e rio Claro e entre estações localizadas na calha do rio Sapucaí.

Como análise complementar foi calculada ainda uma série incremental entre as estações Fama e Porto Carrito, conforme equação 2.

$$\text{IncrementalSA} = \text{Porto Carrito} - \text{Fama} \quad (2)$$

Na tabela 3 são apresentadas as vazões características para a série incremental e para as estações do rio Sapucaí e afluentes.

TABELA 3 – Vazões Características das estações do rio Sapucaí

	FAZ. DO PORTO		FAZ. SÃO JOSE		FAMA		INCREMENTAL SA		PORTO CARRITO	
	m ³ /s	Esp.*	m ³ /s	Esp.	m ³ /s	Esp.	m ³ /s	Esp.	m ³ /s	Esp.
Q _{MLT}	9,71	0,0125	4,62	0,0185	300,56	0,0170	88,73	0,0152	387,89	0,0165
Q _{PERÍODO SECO**}	7,8	0,0101	2,99	0,0120	182,43	0,0103	53,89	0,0092	235,19	0,0100
Q _{MIN. MÉDIA MENSAL}	3,6	0,0046	0,22	0,0009	80,70	0,0046	2,00	0,0003	82,50	0,0035

*Esp. É a vazão em m³/s*km²

**Vazão média do período seco definida como sendo a média das vazões de maio a outubro.

4 – ÁREAS AQUÍCOLAS

Dentro dos Parques Aquícolas dos rios Grande e Sapucaí foram selecionadas áreas com potencial para implantação dos tanques redes.

No Parque do rio Grande foram selecionados doze locais que podem ser considerados áreas aquícolas, enquanto que no Parque do rio Sapucaí 12 braços do reservatório foram selecionados para avaliação da capacidade de suporte.

A **figura 2** mostra os braços e Áreas Aquícolas selecionadas para as quais foi calculado o tempo de residência da água – variável fundamental para a modelagem da capacidade de suporte dessas áreas.

Figura 2 – Braços dos rios Grande e Sapucaí com as Áreas Aquícolas selecionadas (MARCELO)

O tempo de residência (equação 3), definido como o tempo necessário para que aquele braço do reservatório selecionado renove suas águas será calculado para cada área aquícola identificada.

$$T = \frac{V}{Q} \quad (3)$$

onde:

T – tempo de residência (dias)

V- volume da massa de água (m³)

Q – vazão afluyente (m³/s x 86400)

A curva cota x volume do reservatório, apresentada no gráfico 12, não é suficiente para o cálculo do tempo de residência em pequenos braços do reservatório, uma

vez que ela é calculada para todo o corpo de água. A utilização dessa curva seria para o cálculo de um tempo de residência médio do reservatório de Furnas.

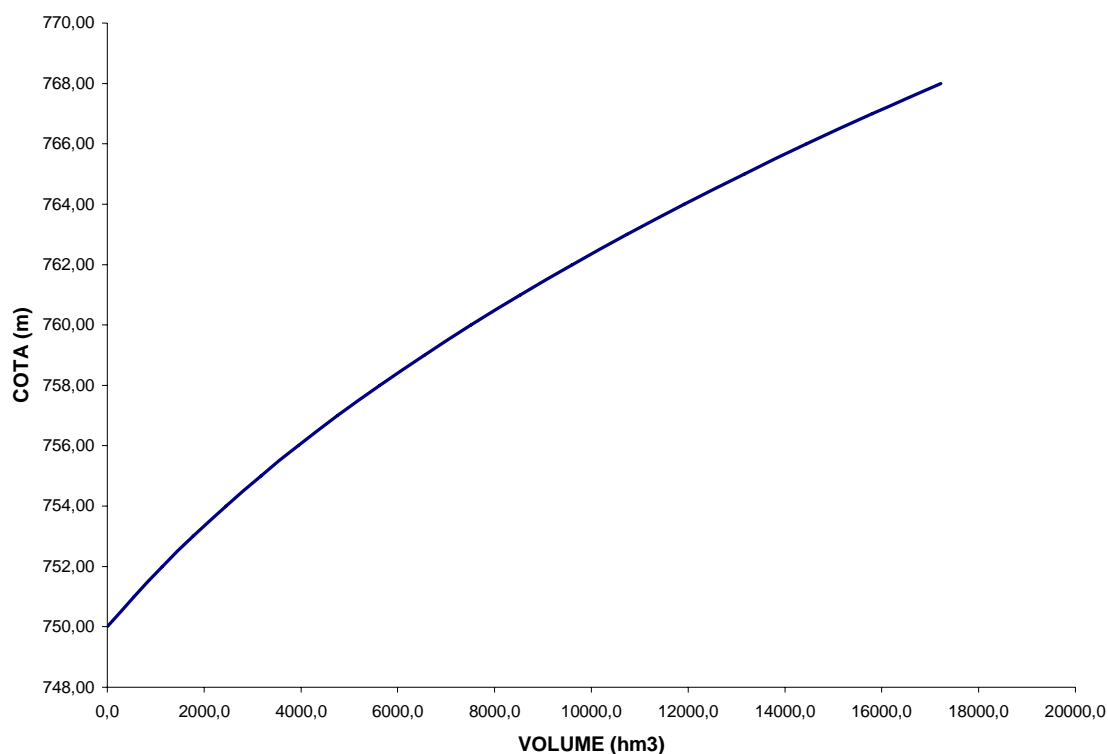


GRAFICO 12 – Curva cota x volume do reservatório de Furnas

O nível de água do reservatório de Furnas considerado nos cálculos do tempo de residência foi 754,24m. Para esse nível de água e considerando a vazão média de longo termo do período todo (918,6m³/s), o tempo de residência do reservatório é de 32 dias e, para o reservatório no seu NA Max normal (17217hm³), o tempo de residência seria de 217 dias.

Entretanto, os braços podem ter um tempo de residência bem diferente desse já que as variáveis como vazão de entrada no braço e volume são bem diferentes.

4.1 – ESTIMATIVA DOS VOLUMES NAS ÁREAS AQUÍCOLAS

4.1.1. Parque Aquícola do rio Grande

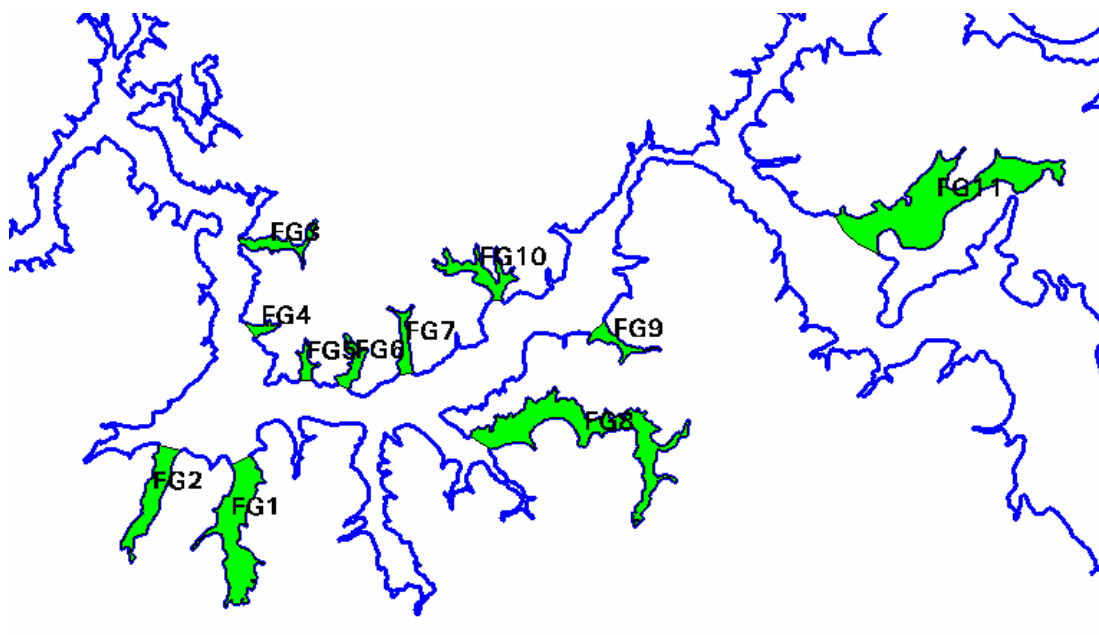


FIGURA 3 – Áreas Aquícolas do rio Grande

Dentro do Parque Aquícola do rio Grande foram selecionadas doze áreas potenciais para produção conforme mostra a figura 3. Essas áreas foram denominadas de FG1 até FG12 para efeito de cálculo do volume e tempo de residência. A área FG12 está localizada no próprio rio Grande bem na entrada do reservatório.

A metodologia utilizada para o cálculo do volume de água em cada braço do reservatório foi a mesma utilizada no reservatório de Três Marias e, portanto já detalhada nos itens anteriores.

O volume de água em cada área aquícola foi calculado a partir da área da seção transversal e comprimento do braço.

Entretanto, como ocorreu no reservatório de Três Marias, em determinados braços o levantamento da seção transversal em campo não foi feito no final do braço, necessitando de uma transferência de dados para o ponto de cálculo do tempo de residência.

Essa transferência foi feita utilizando a relação entre a área da seção transversal e o comprimento do braço ou relação direta entre o volume de água na seção conhecida e a área de drenagem ou ainda, considerando uma declividade constante ao longo do rio e transferindo a seção transversal para o exutório do braço.

Os dados necessários para cálculo do volume em cada braço do rio Grande estão apresentados na tabela 4.

TABELA 4 – Dados para transferência de seções batimétricas e cálculo de volume

BRAÇOS DO RIO GRANDE	ÁREA			DISTÂNCIAS (m)	
	BRAÇO(ha)	TRANSECTO(ha)	SEÇÃO TRANS.(m2)	ATÉ O TRANSECTO	BRAÇO
FG1	294,24	262,25	9.946	2367	3.269
FG2	141,87	86,7	5105	743	1940
FG3	65,74	57,41	4097	1364	1880
FG4	19,32	8,89	2831	540	885
FG5	24,62	9,25	5048	660	1188
FG6	46,86	21,56	2541	907	1680
FG7	43,84	20,63	5332	837	1760
FG8	428,82	428,82	13296	4494	4494
FG9	44,32	21,5	1354	776	1361
FG10	96,21	30,32	2168	980	2303
FG11	547	547	7120	5550	5550
FG12	480	480	5361	10700	10700

Os braços denominados de FG3, FG5, FG7, FG8, FG11 e FG12 ,tinham um levantamento de seção transversal na saída do braço possibilitando o cálculo do volume para o exutório. Os demais passaram pela etapa de transferência da seção transversal para o fim do braço e, portanto, as áreas de seções transversais apresentadas na tabela 4 já são áreas utilizadas no cálculo do volume de água e, por consequência, no cálculo do tempo de residência.

A tabela 5 apresenta os volumes calculados para cada uma das áreas aquícolas identificadas no Parque Aquícola do rio Grande, bem como as áreas de drenagem utilizadas para estimativa da vazão afluente. .

TABELA 5 –Volumes de água em cada área aquícola

BRAÇOS DO RIO GRANDE	VOLUME m ³	ÁREA DE DRENAGEM (ha)
FG1	8804641,41	5600
FG2	2068877,50	4156
FG3	2133050,97	2335
FG4	1107433,70	143
FG5	2955890,51	167
FG6	1669722,21	288
FG7	3161299,64	534
FG8	19917408,00	20.009
FG9	721972,11	1084
FG10	2247269,29	1439
FG11	13172000,00	2061
FG12	19120900,00	19662

4.1.2. Parque Aquícola do rio Sapucaí

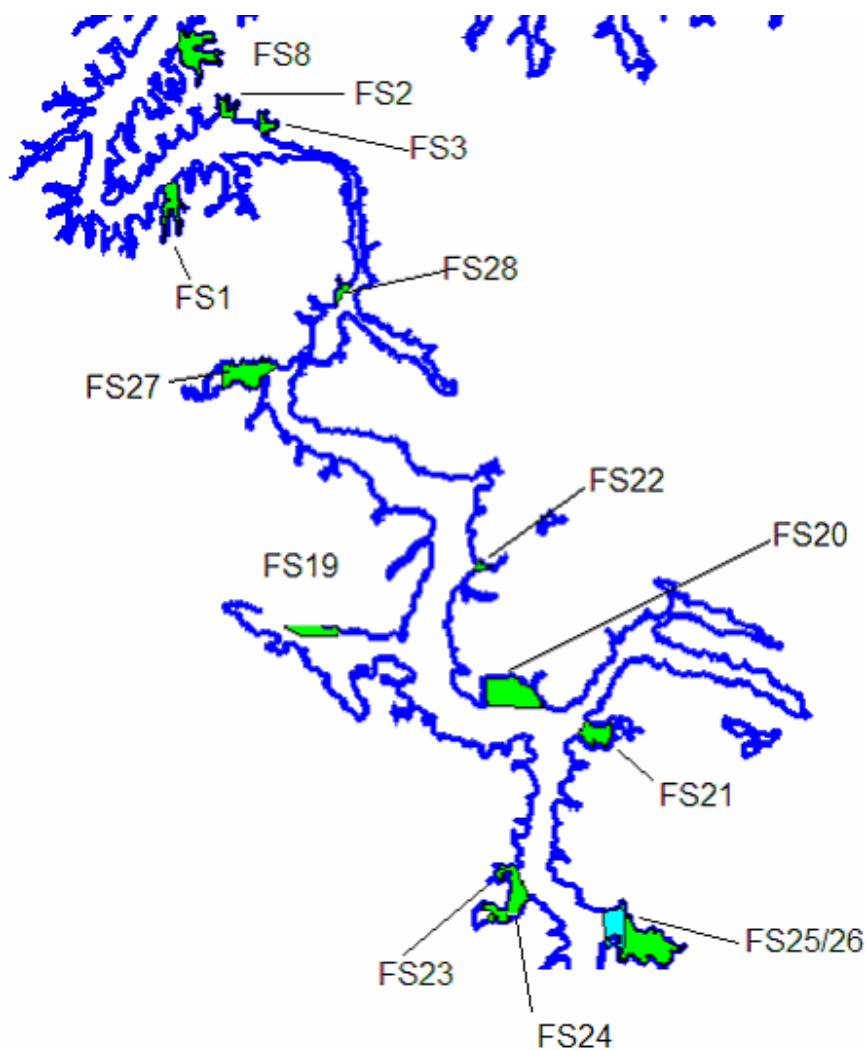


FIGURA 8 – Áreas Aquícolas do rio Sapucaí

Dentro do Parque Aquícola do rio Sapucaí foram selecionadas treze áreas potenciais para produção conforme mostra a figura 8, denominadas de FS1; FS2; FS3; FS8; FS19; FS20; FS21; FS22; FS23; FS24; FS25/26; FS27. Entretanto, algumas áreas aquícolas selecionadas estão dentro do reservatório tornando inapropriado o cálculo do tempo de residência como um braço isolado onde a renovação ocorra somente por entrada de vazão.

As tabelas 6 e 7 mostram os dados para cálculo dos volumes e da área de drenagem de cada área aquícola. As áreas aquícolas FS2 e FS21 não possuem transectos e por isso não terão estimativa de volume de água presente nesse corpo d'água, e por conseqüência, estimativa de tempo de residência. As áreas FS19, FS20 e FS28 estão dentro do reservatório e seu tempo de residência pode ser estimado a partir do tempo de residência médio do reservatório para essa cota de deplecionamento.

TABELA 6 – Dados para transferência de seções batimétricas e cálculo de volume

BRAÇOS DO RIO SAPUCAÍ	ÁREA(ha)			DISTÂNCIAS (m)	
	BRAÇO	ATÉ TRANSECTO	SEÇÃO TRANS.	ATÉ O TRANSECTO	BRAÇO
FS8	206,8	206,8	14.735	1855	1.855
FS2	46,2	-	-	-	759
FS3	37,4	37,4	8000	429	429
FS1	121,5	76,62	11880	1661	2443
FS28	0,37	-	-	-	415
FS27	338,3	338,3	4273	4430	4430
FS19	1295	1295	4273	8380	8380
FS22	21,5	21,5	2740	1214	1214
FS20	304,4	-	-	-	-
FS21	128,9	-	-	-	1890
FS23	-	-	2435	1629	1629
FS24	-	-	1131	2974	2974
FS25/26	511,9	511,9	6193	4454	4454

TABELA 7 –Volumes de água em cada área aquícola

BRAÇOS DO RIO SAPUCAÍ	VOLUME (*10 ⁶)m ³	ÁREA DE DRENAGEM (ha)
FS1	10430351,61	1360
FS2	-	331
FS3	1144000,00	289
FS8	9111141,67	882
FS19	11935913,33	55180
FS20	-	1457
FS27	6309796,67	24160
FS28	-	231
FS22	1108786,67	2183
FS21	-	4509
FS23	1322205,00	1905
FS24	1121198,00	14514
FS25/26	9194540,67	21197

4.2. ESTIMATIVA DAS VAZÕES NAS ÁREAS AQUÍCOLAS

Partindo do conhecimento das vazões características dos rios Grande, Sapucaí e afluentes apresentadas nas tabelas 2 e 3, fez-se uma regionalização dessas informações de maneira que se possa transferir os dados para outros pontos da bacia onde não são feitas medições de vazões.

No rio Grande utilizou-se a estação de Santana do Jacaré para estimar vazões para áreas aquícolas da margem direita do rio e Usina Nepomuceno para a estimativa de vazões em áreas localizadas na margem esquerda. O polígono localizado na calha do rio Grande teve sua vazão calculada a partir da série de Ribeirão Vermelho.

Para a estimativa de vazão nas áreas aquícolas do Parque do rio Sapucaí pensou-se, a princípio, em utilizar os valores de vazões específicas calculados para a série incremental. Entretanto, a série incremental é mais vulnerável a erros para as vazões de estiagem. Dessa forma, para estimativa de valores de vazões foram usadas vazões específicas da estação de Fama.

A tabela 8 apresenta os dados de vazões estimados para o cálculo do tempo de residência, bem como as estações utilizadas para essa estimativa.

TABELA 8– Vazões estimadas para cada área aquícola

ÁREAS AQUÍCOLAS	TEMPO DE RESIDÊNCIA		
	QMLT	Qperíodo seco	Qmínima
FG1	118,17	187,6	519,9
FG2	37,41	59,4	164,6
FG3	54,50	88,1	225,0
FG4	462,03	746,9	1907,1
FG5	1055,98	1707,2	4358,7
FG6	345,89	559,2	1427,7
FG7	353,19	571,0	1457,8
FG8	74,81	118,8	329,2
FG9	50,06	79,5	220,2
FG10	93,17	150,6	384,6
FG11	381,29	616,4	1573,8
FG12	0,56	0,9	1,9
FS1	479,82	739,7	9862,9
FS2	-	-	-
FS3	366,53	453,6	996,0
FS8	956,49	1183,8	2599,2
FS19	13,53	20,9	278,2
FS20	-	-	-
FS27	16,34	25,2	335,9
FS28	-	-	-
FS22	47,03	58,2	127,8
FS21	-	-	-
FS23	43,42	66,9	892,6
FS24	4,83	7,5	99,3
FS25/26	40,16	49,7	109,1

Algumas áreas aquícolas não correspondem a braços do reservatório, ou seja, estão dentro do curso d'água principal do reservatório como é o caso das áreas FS20 e FS28 e por isso não tiveram estimativas de vazões, enquanto que as áreas FS2 e FS21 não possuíam transecto e portanto não tiveram estimativa de volume..

4.3. ESTIMATIVA DO TEMPO DE RESIDÊNCIA HIDRAÚLICO

Conforme definido na equação 3, o tempo de residência foi calculado para cada uma das áreas aquícolas do Parque do rio Grande e Parque do rio Sapucaí

utilizando-se dos dados das tabelas 5, 7 e 8, e que estão apresentados na tabela 9.

TABELA 9- Tempo de Residência nas áreas Aquícolas dos Parques do rio Grande e Sapucaí

AREAS AQUÍCOLAS	TEMPO DE RESIDÊNCIA		
	QMLT	Qperíodo seco	Qmínima
FG1	118,17	187,6	519,9
FG2	37,41	59,4	164,6
FG3	54,50	88,1	225,0
FG4	462,03	746,9	1907,1
FG5	1055,98	1707,2	4358,7
FG6	345,89	559,2	1427,7
FG7	353,19	571,0	1457,8
FG8	74,81	118,8	329,2
FG9	50,06	79,5	220,2
FG10	93,17	150,6	384,6
FG11	381,29	616,4	1573,8
FG12	0,56	0,9	1,9
FS1	479,82	739,7	9862,9
FS2	-	-	-
FS3	366,53	453,6	996,0
FS8	956,49	1183,8	2599,2
FS19	13,53	20,9	278,2
FS20	-	-	-
FS27	16,34	25,2	335,9
FS28	-	-	-
FS22	47,03	58,2	127,8
FS21	-	-	-
FS23	43,42	66,9	892,6
FS24	4,83	7,5	99,3
FS25/26	40,16	49,7	109,1

O que se observa a partir dos dados da tabela 9 é que os tempos de residência são, em sua grande maioria, bem altos mesmo para condições de vazão média, isso se justifica pela pequena quantidade de água que entra nesses braços cuja área de drenagem são mínimas em decorrência da topografia do local. Entretanto, sabe-se que a operação constante do reservatório produz um movimento de circulação nesses braços com certeza mais importante do que a renovação dada exclusivamente pela entrada de água da bacia.

5. AVALIAÇÕES DA OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

Os tempos de residência apresentados na tabela 9 foram calculados para três condições diferentes de vazões afluentes. Entretanto, o volume de água presente no corpo de água foi considerado o mesmo em qualquer uma das condições de vazão adotada, ou seja, com o reservatório em seu nível de deplecionamento, na cota 754,24m.

Na prática fica difícil estabelecer qualquer previsão de nível do reservatório em função somente da vazão afluyente, uma vez que as variáveis que interferem no deplecionamento do reservatório são várias outras além das condições hidrológicas. Dessa forma a curva de permanência dos níveis do reservatório apresentada no gráfico 13, feita a partir do histórico da operação desde 1963, mostra a probabilidade de ocorrência de cada nível de água operativo.

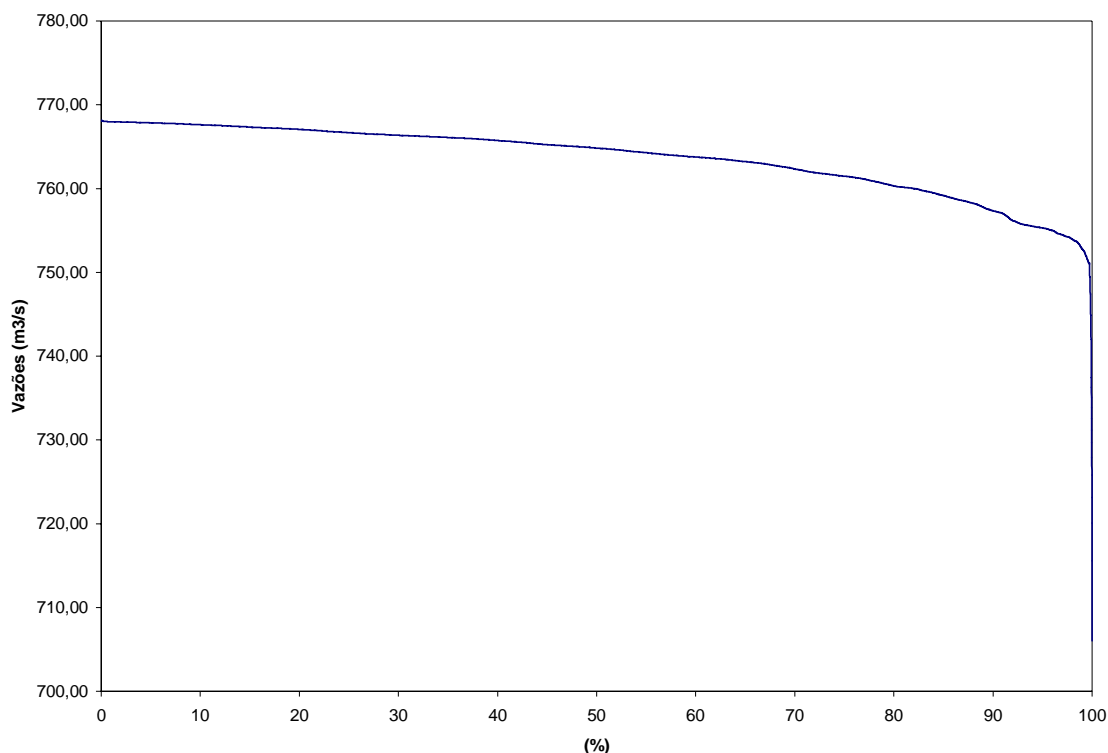


GRÁFICO 13 - Curva de permanência dos níveis operativos do reservatório de Furnas

O nível de deplecionamento usado nesse estudo corresponde a uma permanência de 97% do tempo, que significa dizer que o nível de água do reservatório de Furnas só foi inferior a 754,24m em 3% do tempo de operação.

Cabe destacar que para cada nível de água do reservatório ou para cada vazão afluyente adotada o tempo de residência seria diferente. Para vazões maiores do que a média, o tempo de residência tende a diminuir bastante já que a renovação é extremamente dependente das velocidades, que por sua vez são função das vazões.

O gráfico 14 mostra a permanência das vazões nos últimos 10 anos. A análise do gráfico mostra que os deplecionamentos foram bem mais intensos e o nível usado nesse trabalho passa a representar um deplecionamento de 93% de permanência.

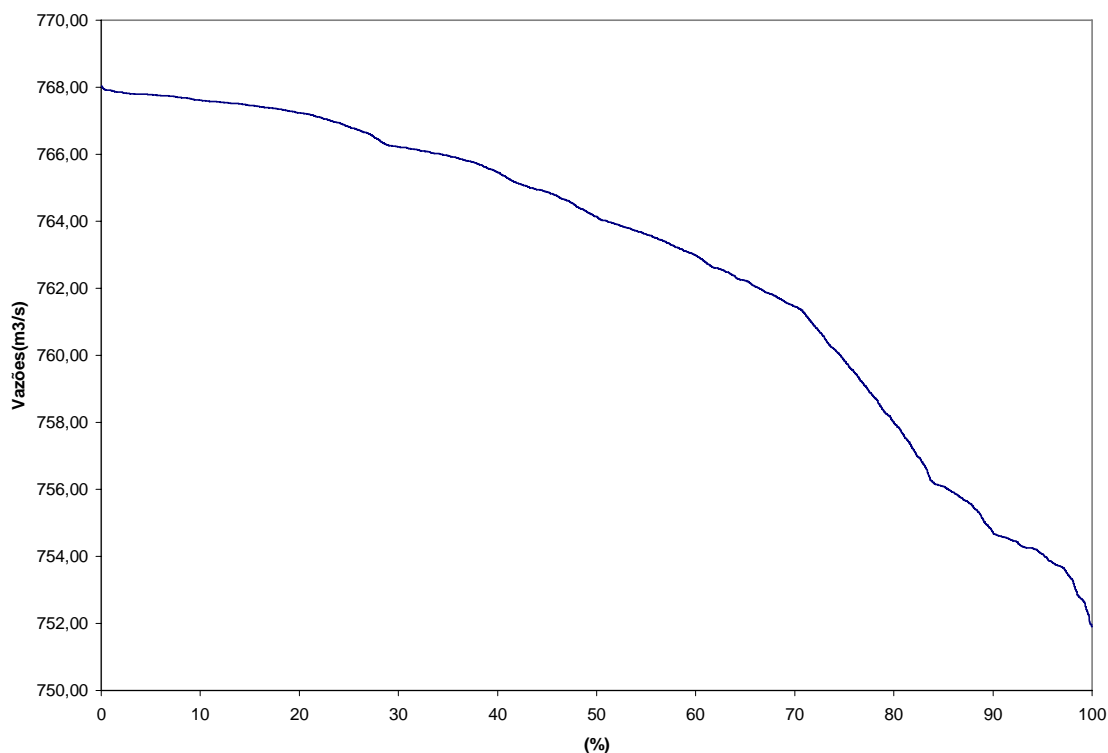


GRÁFICO 14 Curva de permanência dos níveis operativos do reservatório de Furnas nos últimos 10 anos

5. CONCLUSÕES

A caracterização hidrológica dos Parques Aquícolas permitiu uma estimativa das vazões afluentes aos braços do reservatório, podendo dessa forma estimar os tempos de residência diferenciados em cada local.

Uma comparação dos tempos de residência encontrados para a vazão média de longo termo nos braços e no reservatório todo mostra a necessidade de estimativas de renovação da água diferenciadas para cada local que se pretenda avaliar a capacidade de suporte, tal como foi feito nesse estudo.

Por outro lado algumas áreas aquícolas se encontram dentro do próprio reservatório em locais protegidos de ventos e grandes correntes. Para esses locais não é possível calcular o tempo de residência pela metodologia proposta, devendo ser objeto de avaliação das circulações da massa de água do reservatório ou estimada a partir do tempo de residência médio do reservatório.

O tempo de residência do reservatório para o nível de deplecionamento usado foi de 32 dias, enquanto que, para o braço do rio Grande, na entrada do reservatório

esse tempo equivale a menos que dois dias para a mesma condição de vazão e nível, e, quase 1000 dias em outros braços onde a renovação de água por entrada de afluentes é desprezível.

A análise de alguns braços no rio Grande e outros no rio Sapucaí indicam um tempo bastante elevado para renovação da água nesses locais mesmo para condições de vazões médias, o que pode ser atribuído à escassez de drenagem.

Os tempos de residência calculados para as áreas aquícolas selecionadas foram função de diferentes vazões que vão desde a vazão média, para se formar uma idéia do comportamento médio do corpo de água, até vazões extremamente pequenas identificada como a mínima do histórico de dados, com baixíssima probabilidade de ocorrência.

A falta de dados recentes de vazões próximas às áreas aquícolas impossibilitou uma análise do comportamento hidrológico no período de 2000-2001. Dessa forma, três diferentes vazões foram usadas no cálculo do tempo de residência e isso explica a grande variabilidade nos valores encontrados que vão de 16 dias a quase 5000 dias.

Cabe considerar ainda que o tempo de residência estimado se analisado isoladamente pode não ser conclusivo sobre restrições de implantação de tanques rede nas áreas aquícolas e, portanto, são necessárias análises conjuntas com demais variáveis que interferem direta ou indiretamente na capacidade de suporte dessas áreas aquícolas tais como a localização dos polígonos dentro das áreas, a proximidade que a área aquícola se encontra do barramento e etc.

Esse tempo de residência é estimado de forma simplista em relação à hidrodinâmica presente nos reservatórios, portanto, análises de circulações verticais da massa de água ou até mesmo a diferenciação dos movimentos que ocorrem nas margens e no meio do braço de água devem ser considerados em uma investigação mais detalhada de cada área. O próprio efeito de deplecionamento do reservatório ou seu enchimento pode provocar circulações que não são consideradas nesse cálculo hidráulico do tempo de residência.

Os braços do reservatório para os quais se calculou o tempo de residência não são, na prática, sistemas isolados tal como são tratados nessa metodologia. Portanto, o resultado apresentado pode ser considerado como uma primeira tentativa de se conhecer a dinâmica do reservatório, não dispensando a necessidade de levantamentos de campo e avaliações mais detalhadas que requerem modelagem hidrodinâmica, bem como um programa de monitoramento.

