

EFEITO DA REGULARIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DAS USINAS DE SALTO OSÓRIO E SALTO SANTIAGO

*Rosana Colaço Gibertoni¹; Irani dos Santos²; Ingrid Illich Müller³; Laertes Munhoz da Cunha⁴
& José Vicente Miranda Regina⁵*

RESUMO --- Este artigo objetiva apresentar os métodos utilizados, análises efetuadas e resultados obtidos na identificação de alterações no regime hidrológico da bacia do rio Iguaçu em função da implantação dos reservatórios das usinas de Salto Osório e Salto Santiago. Para a análise e avaliação dos efeitos que os referidos reservatórios exercem no regime hidrológico regional, buscou-se definir estatísticas relacionadas às séries de vazões abrangendo períodos anteriores e posteriores à existência dos aproveitamentos hidrelétricos. As estatísticas selecionadas para representar o regime hidrológico são: i) vazão média; ii) desvio padrão; iii) permanência das vazões médias diárias; iv) curvas de regularização; e v) curvas de alocação de volumes de espera. Através de todas as análises efetuadas pode-se presumir não haver diferenças significativas entre o regime de vazões, considerando a existência ou não de reservatórios, sendo que muitas diferenças entre as amostragens dos períodos são função da própria natureza dos eventos e do tamanho reduzido das amostras.

ABSTRACT --- This paper presents different approaches to evaluate possible changes in the hydrological regime of the Iguaçu River's catchment related to the presence of Salto Osório and Salto Santiago hydroplants reservoirs. In order to quantify these effects, some statistics were selected: i) mean flow; ii) standard deviation; iii) flow duration curves; iv) regulation curves; and v) flood storage allocation curves. The results show no significant differences regarding mean flow when compared the period with reservoirs and the original conditions.

Palavras-chave: Regime hidrológico, Usina Salto Osório, Usina Salto Santiago.

1) Pesquisadora do LACTEC, CEHPAR, BR-116 - Km98 - S/Nº - Centro Politécnico da UFPR - 81531-980 Curitiba. E-mail rosana@lactec.org.br

2) Professor do Departamento de Geografia da UFPR, Caixa Postal 19001, 81531-980 Curitiba. E-mail irani@ufpr.br

3) Pesquisadora do LACTEC, CEHPAR, BR-116 - Km98 - S/Nº - Centro Politécnico da UFPR - 81531-980 Curitiba. E-mail ingrid@lactec.org.br

4) Professor adjunto da UFPR, Caixa Postal 19011, 81531-980 Curitiba. E-mail laertes.dhs@ufpr.br

5) Engenheiro da Tractebel Energia S.A., Rua Antônio Dib Mussi, 366, 88015-110 Florianópolis. E-mail jvicente@tractebelenergia.com.br

1 – INTRODUÇÃO

O escoamento, em qualquer seção do curso de água, sofre modificações com a existência de reservatórios a montante, passando a apresentar vazões regularizadas, cujos valores diferem dos apresentados na condição natural.

Este artigo apresenta parte das atividades desenvolvidas para o projeto de pesquisa denominado “*Efeito da Regularização de Reservatórios e Análise da Estabilidade das Margens, Aplicado aos Reservatórios das Usinas de Salto Osório e Salto Santiago*”, contratado pela Tractebel Energia S.A., junto ao Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC. O projeto teve por objetivo a identificação das alterações no regime hidrológico da bacia do rio Iguaçu em função da implantação de reservatórios, bem como propor um método de avaliação na estabilidade das margens dos reservatórios das usinas de Salto Osório e Salto Santiago. São abordados neste artigo, os estudos referentes à análise do efeito da regularização dos reservatórios das usinas focadas.

2 – DA REGIÃO ESTUDADA

O Iguaçu é o principal rio do Estado do Paraná e corre essencialmente na direção leste-oeste, a partir de suas nascentes nas proximidades de Curitiba, drenando uma área de cerca de 67.483 km².

As seções de interesse deste estudo localizam-se nos eixos das barragens das UHE's Salto Santiago e Salto Osório, cujas drenagens abrangem áreas de 43.852 e 45.769 km², respectivamente. Atualmente, os reservatórios localizados a montante que exercem influência nestas duas usinas são Foz do Areia, Segredo e Derivação do Jordão. O reservatório da UHE Salto Santiago é de regularização e o da UHE Salto Osório enquadra-se como reservatório a fio-de-água.

3 – MÉTODO DE ANÁLISE UTILIZADO

Para a análise e avaliação dos efeitos que os reservatórios da bacia do rio Iguaçu exercem no regime hidrológico regional, buscou-se definir estatísticas relacionadas às séries de vazões abrangendo períodos distintos, quais sejam anteriores e posteriores à existência dos aproveitamentos hidrelétricos. Os períodos analisados foram:

- i) 1940-1974 – anterior à existência dos reservatórios;
- ii) 1975-1979 – construção dos reservatórios;
- iii) 1980-2003 – posterior à existência dos reservatórios.

Os dados utilizados para as análises deste estudo foram as vazões médias naturais, afluentes e

defluentes dos reservatórios das UHE's Salto Osório e Salto Santiago.

As estatísticas e informações selecionadas como representativas do regime hidrológico, para as séries de vazões afluentes, defluentes e naturais e períodos considerados, foram as seguintes: i) vazão média; ii) desvio padrão; iii) permanência das vazões médias diárias; iv) curvas de regularização; e v) curvas de alocação de volumes de espera. A análise destas informações foi efetuada através de planilhas ou gráficos.

As tabelas 1 e 2 apresentam para cada uma das duas usinas, a vazão média de longo período (Q_{MLT}) e o desvio padrão das vazões médias anuais das diversas vazões analisadas para cada um dos períodos do estudo, respectivamente.

Alguns exemplos de gráficos utilizados nas análises estão apresentados nas figuras 1 a 6. As figuras 1 e 2 apresentam as curvas de permanência das vazões naturais, afluentes e defluentes no período 1980-2003 das usinas Salto Santiago e Salto Osório, respectivamente. As figuras 3 e 4 apresentam as curvas de regularização das vazões naturais, afluentes e defluentes no período 1980-2003 das usinas Salto Santiago e Salto Osório, respectivamente. As figuras 5 e 6 apresentam as curvas dos volumes de espera das vazões afluentes dos períodos 1940-1974, 1975-1979 e 1980-2003, das usinas Salto Santiago e Salto Osório, respectivamente.

Tabela 1 - Vazão média de longo período

Usina	Período	Q_{MLT} (m ³ /s)		
		Natural	Afluentes	Defluente
Salto Santiago	1940-1974	866,5	-	-
	1975-1979	922,2	-	-
	1980-2003	1229,2	1202,9	1202,1
Salto Osório	1940-1974	908,2	-	-
	1975-1979	968,3	920,6	912,1
	1980-2003	1284,9	1258,0	1258,0

Tabela 2 - Desvio padrão das vazões médias anuais

Usina	Período	Desvio padrão (m ³ /s)		
		Natural	Afluentes	Defluente
Salto Santiago	1940-1974	299,0	-	-
	1975-1979	265,5	-	-
	1980-2003	495,9	498,1	496,1
Salto Osório	1940-1974	312,4	-	-
	1975-1979	282,3	263,6	258,8
	1980-2003	516,8	515,7	515,6

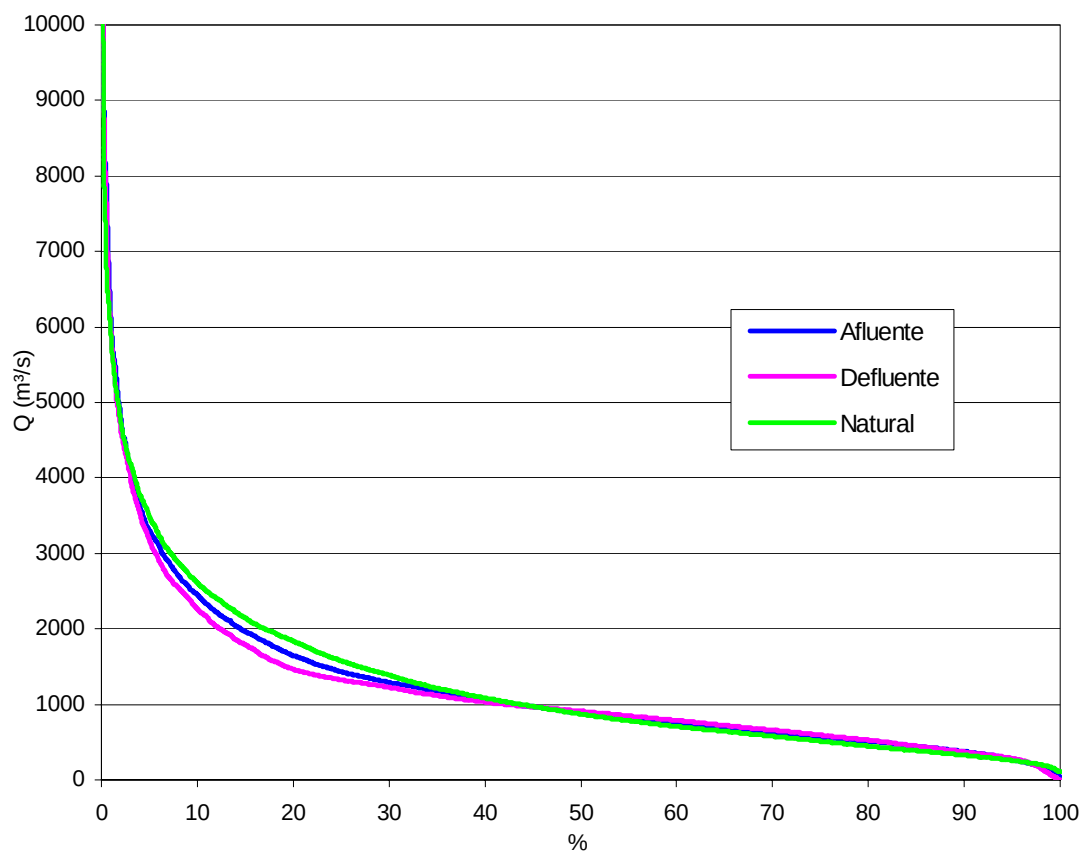


Figura 1 - Curvas de permanência de vazões no período de 1980 a 2003 – Usina Salto Santiago

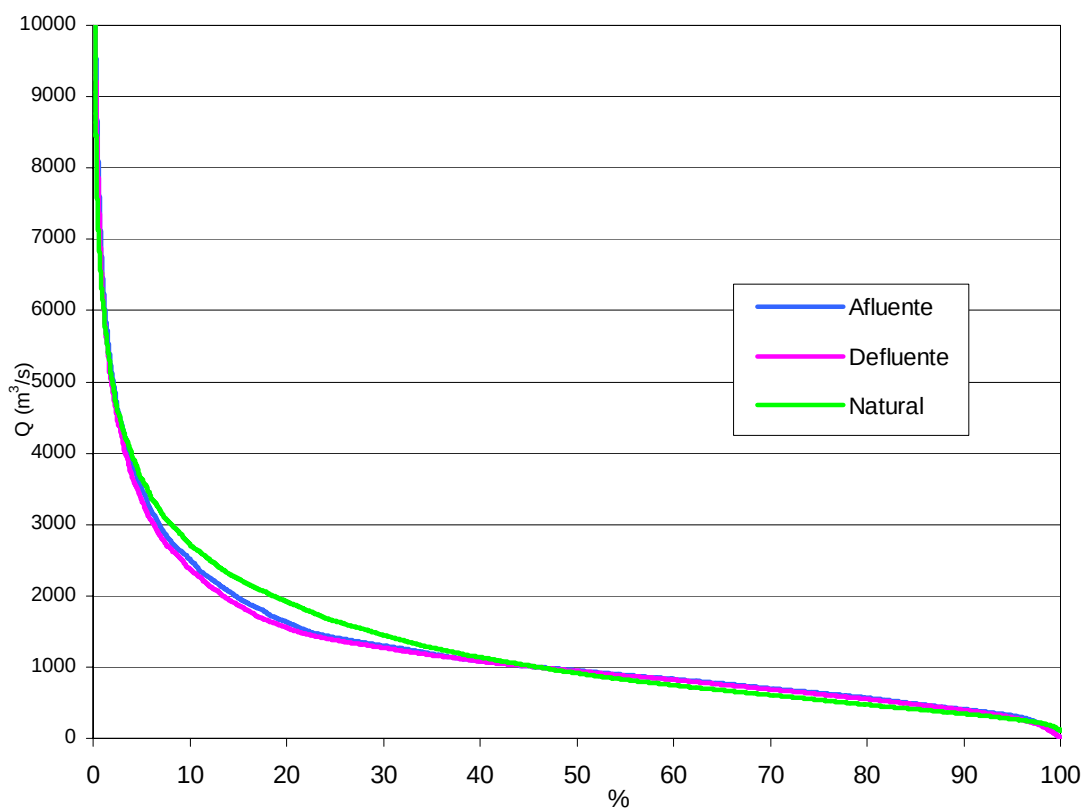


Figura 2 - Curvas de permanência de vazões no período de 1980 a 2003 – Usina Salto Osório

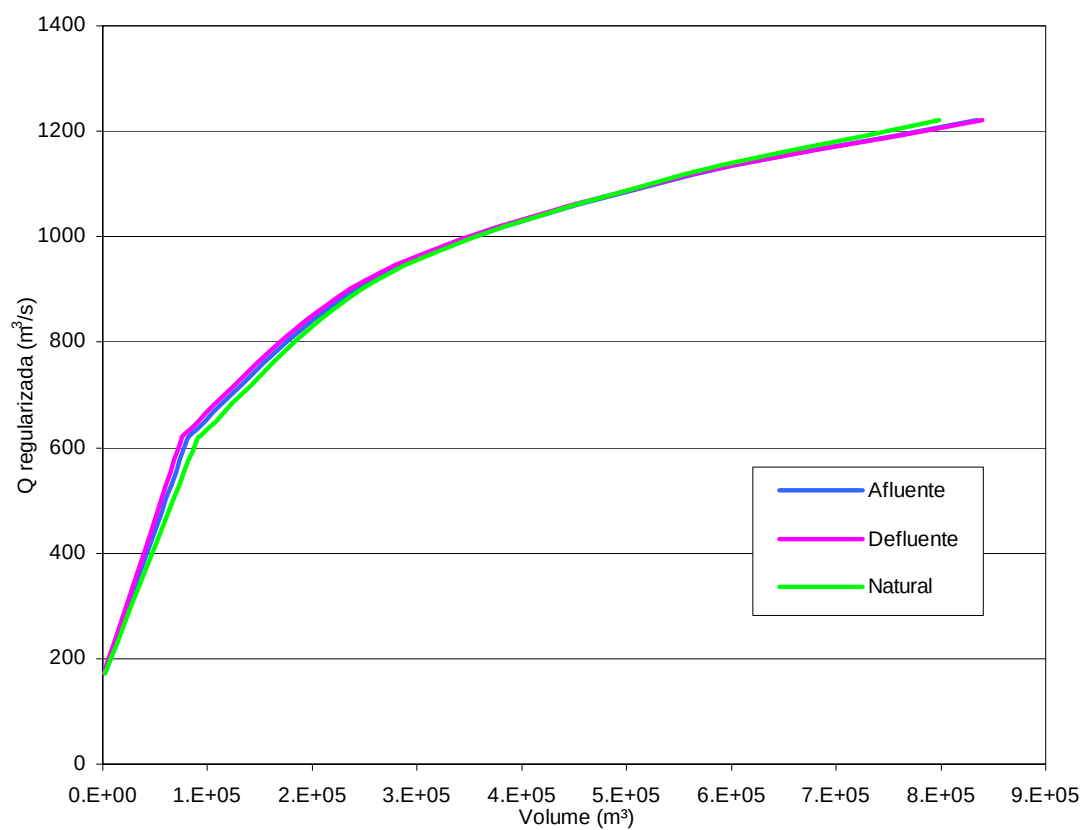


Figura 3 - Curvas de regularização no período de 1980 a 2003 – Usina Salto Santiago

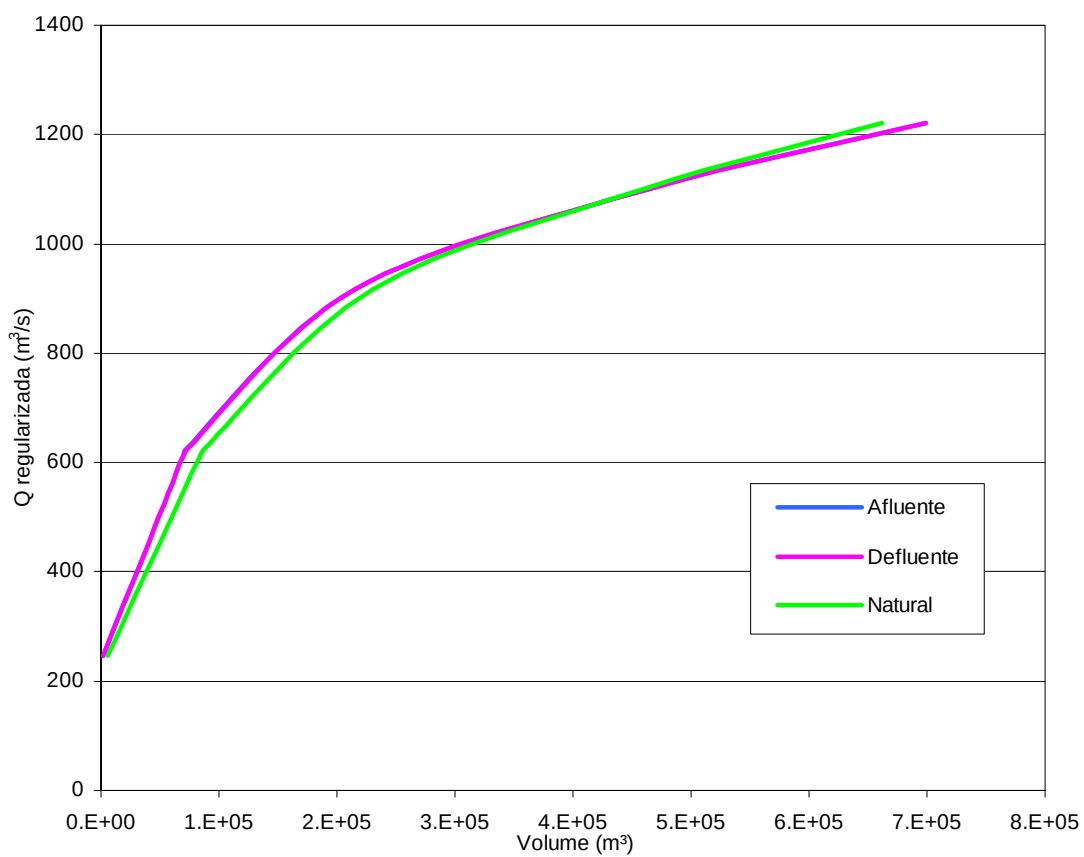


Figura 4 - Curvas de regularização no período de 1980 a 2003 – Usina Salto Osório

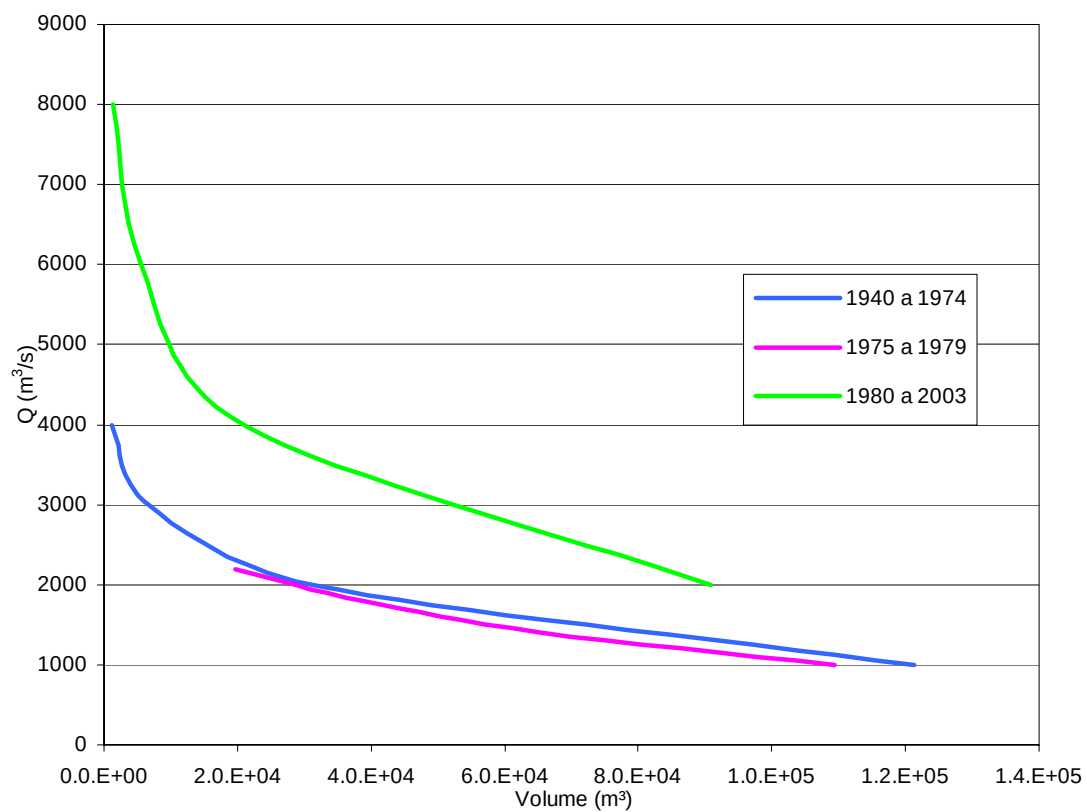


Figura 5 - Curvas de volume de espera das vazões afluentes – Usina Salto Santiago

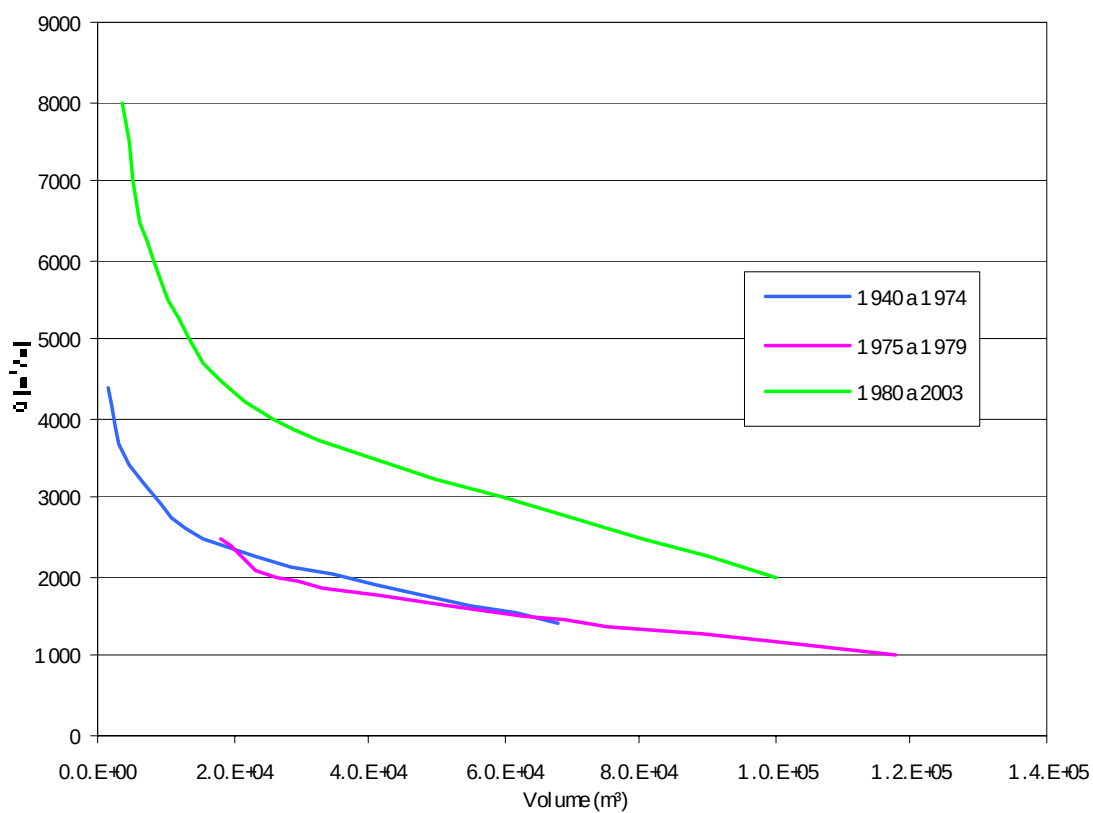


Figura 6 - Curvas de volume de espera das vazões afluentes – Usina Salto Osório

4 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Pelas séries de vazões das UHE's de Salto Santiago e Salto Osório, observou-se que, considerando o regime fluvial natural, ou seja, sem a existência de nenhum reservatório, o período de 1980 a 2003 apresenta uma contribuição maior de vazão em relação aos períodos anteriores, chegando a ser 45% maior ao ser comparado com o período de 1940 a 1974.

A comparação das vazões médias de longo prazo e desvio padrão, entre os diversos períodos, entre os dois reservatórios e entre as diferentes vazões analisadas, fornece diversas ponderações, a saber:

- i) Considerando a comparação entre vazões naturais e afluentes, observa-se que a influência de quaisquer reservatórios a montante é pequena, tanto para a UHE Salto Santiago quanto para a UHE Salto Osório. Neste caso, a Q_{MLT} da vazão natural no período de 1980 a 2003 é cerca de 2% maior que a da vazão afluente;
- ii) Apesar do reservatório de Salto Osório ser considerado a fio-de-água, a Q_{MLT} da vazão afluente do período de 1980 a 2003 apresenta-se cerca de 5,4% maior que a vazão defluente. Esta porcentagem é maior do que a verificada para o reservatório de Salto Santiago (3,7%), que é um reservatório de regularização;
- iii) A contribuição fluvial em Salto Osório, para vazões naturais e afluentes, é, respectivamente, 4,7% e 4,5% maior que em Salto Santiago. Esses acréscimos são compatíveis com a diferença entre áreas de drenagem dos dois locais;
- iv) O desvio padrão das vazões naturais é acentuadamente maior no período de 1980 a 2003, em relação aos períodos anteriores.

As vazões naturais, independentemente da existência dos reservatórios, são significativamente maiores no período de 1980 a 2003. Este fato já foi anteriormente verificado para a bacia do rio Paraná e nos estudos de [1] e [2].

Nas figuras 1 e 2 comparam-se as vazões naturais, afluentes e defluentes para o período de 1980 a 2003 das usinas de Salto Santiago e Salto Osório, respectivamente. Observa-se a diferença na regularização de vazões entre as duas usinas, sendo que Salto Santiago apresenta uma tendência de reservar uma parcela das vazões afluentes médias e defluir mais nas estiagens.

As curvas de regularização, de maneira geral, fornecem as mesmas conclusões anteriormente discutidas, cabendo ressaltar apenas a coincidência de curvas para as vazões afluentes e defluentes do período de 1980 a 2003 de Salto Osório e a necessidade de um volume um pouco menor para regularizar as vazões afluentes mais baixas se comparado ao fornecido pela curva de vazões naturais. Esta diferença pode ser explicada em parte pela própria regularização fornecida pelos reservatórios a montante.

As diferenças apresentadas na comparação entre curvas de volume de espera, principalmente quando são comparados os períodos analisados, são decorrentes do tamanho reduzido das amostras, onde os eventos de cheia foram muito distintos uns dos outros.

Considerando todas as análises realizadas, pode-se concluir que muitas diferenças entre as amostragens dos períodos são função da própria natureza dos eventos e do tamanho reduzido das amostras. As diversas curvas plotadas (permanência, regularização e volume de espera) revelam que existem poucas diferenças entre as vazões consideradas (naturais, afluentes e defluentes) e mesmo entre os períodos analisados, sendo maiores para as curvas do volume de espera dos diversos períodos.

5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através de todas as análises efetuadas pode-se presumir não haver diferenças significativas entre o regime de vazões, considerando a existência ou não de reservatórios. Cabe lembrar que as regras de operação são previamente aprovadas e de conhecimento público. Há ainda que se considerar os efeitos benéficos dos reservatórios, cuja operação visa minimizar os efeitos negativos dos eventos extremos, regularizando as vazões em tempos de estiagem e abatendo os picos de cheias.

Análises da influência da implantação de reservatórios na hidrologia local, como as abordadas neste estudo, permanecem válidas de médio a longo prazo, pois alterações de alguma importância somente são percebidas ao se atualizar os dados em um período considerável (10 a 20 anos). É conveniente ressaltar a importância da continuidade do monitoramento e controle de níveis e vazões e a utilização das regras operativas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as contribuições de Caroline Elisa Murr e Rita Oriana Rolim Chamorro, obtidas durante a elaboração deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

MÜLLER, I.I.; KRÜGER, C.M.; KAVISKI, E. (1997). *Projeto HG-94 - Análise das séries temporais contribuintes à usina hidrelétrica de ITAIPU*. LACTEC/CEHPAR Curitiba-PR, Relatório final.

MÜLLER, I.I.; MÜLLER, C.M.; KAVISKI, E. (2001). *Projeto HG-146 – Investigação de estacionariedade de séries hidrológicas*. LACTEC/CEHPAR Curitiba-PR, Relatório final.