

DETALHAMENTO DO FATOR HIDROLÓGICO: UM NOVO PARÂMETRO PARA SE AVALIAR ANOS HIDROLÓGICOS EXCEDENTES, ANOS HIDROLÓGICOS NORMAIS EXCEDENTES, ANOS HIDROLÓGICOS NORMAIS DEFICITÁRIOS E ANOS HIDROLÓGICOS DEFICITÁRIOS, ALÉM DOS IMPACTOS NAS VAZÕES À JUSANTE DE BARRAMENTOS.

Mário Jorge de Souza Gonçalves¹

¹ Geólogo, PhD, Especialista em Meio Ambiente e Recursos Hídricos no Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos–INEMA, e-mail: mariotaboca@gmail.com. Universidade Federal da Bahia–UFBA: Grupo de Pesquisa OBA-BA e Grupo de Pesquisa NEHMA. Universidade Estadual de Feira de Santana–UEFS: Grupo de Pesquisa GEOLANDS e Laboratório GEOTRÓPICOS

RESUMO

O Fator Hidrológico é um parâmetro desenvolvido por GONÇALVES (2014), que avalia os anos hidrológicos com excedente hídrico, os anos hidrológicos normais e os anos hidrológicos com déficit hídrico, além dos impactos nas vazões à jusante de barramentos. O Detalhamento do Fator Hidrológico além de avaliar os anos hidrológicos com excedente hídrico e anos hidrológicos com déficit hídrico detalha os anos hidrológicos normais em anos hidrológicos normais excedentes e anos hidrológicos normais deficitários, além dos impactos nas vazões à jusante de barramentos.

PALAVRAS-CHAVE: Fator hidrológico; Detalhamento do fator hidrológico; Gestão de recursos hídricos.

DETAILING THE HYDROLOGICAL FACTOR: A NEW PARAMETER TO EVALUATE EXCESSIVE HYDROLOGICAL YEARS, EXCESS NORMAL HYDROLOGICAL YEARS, DEFICIENT NORMAL HYDROLOGICAL YEARS AND DEFICIENT HYDROLOGICAL YEARS, IN ADDITION TO THE IMPACTS ON THE DOWNSTREAM FLOWS OF DAMS

ABSTRACT

The Hydrological Factor is a parameter developed by GONÇALVES (2014) which assesses the hydrological years with excess water normal hydrological years and years with hydrological drought in addition to the impact on flows downstream buses. The Detail Hydrological factor in addition to assessing the hydrological years with excess water and hydrological years with drought details the normal hydrological years under normal hydrological surplus years and years normal hydrological deficit in addition to the impact on flows downstream buses.

KEY WORDS: Hydrological factor; Detailing the hydrological factor; Water resources management.

1. INTRODUÇÃO

A investigação das alterações causadas pela construção de barragens sempre foi um tema abordado por pesquisadores, tendo em vista a grande quantidade de impactos que acontecem em função das mudanças impostas pela obra. Como exemplo destes impactos, temos: a) a destruição de florestas e habitats selvagens em função da degradação por inundação, da área que

forma o reservatório, na região de montante; b) alteração da dinâmica fluvial; c) socioeconômicos causados pelas desapropriações e remanejamento de pessoas.

As barragens por sua vez possuem também uma função social, quando nos referimos ao controle de cheias, armazenamento para distribuição de recursos hídricos para os usos mais variados desde a irrigação ao abastecimento humano e industrial, além de regularização de vazões em drenagens intermitentes. Para avaliar as vazões em regiões de jusante a barramentos foi desenvolvido o Fator Hidrológico que consiste num parâmetro desenvolvido por GONÇALVES (2014), que avalia os anos hidrológicos com excedente hídrico, os anos hidrológicos normais e os anos hidrológicos com déficit hídrico, além dos impactos nas vazões à jusante de barramentos.

2. OBJETIVOS

Este trabalho apresenta um novo método para avaliar os impactos quantitativos nas vazões de rios em estações fluviométricas localizadas a jusante de barragens. O Detalhamento do Fator Hidrológico além de avaliar os anos hidrológicos com excedente hídrico e anos hidrológicos com déficit hídrico detalha os anos hidrológicos normais em anos hidrológicos normais excedentes e anos hidrológicos normais deficitários, além dos impactos nas vazões à jusante de barramentos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O Detalhamento do Fator Hidrológico surgiu após o desenvolvimento do Fator Hidrológico, esta última metodologia empregada consistiu no levantamento dos dados existentes da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu com posterior tratamento estatístico, para realizar o diagnóstico das características físicas da área e a avaliação da disponibilidade hídrica, e na criação de novas metodologias para auxiliar na interpretação e na apresentação das variáveis hidrológicas. Desta maneira foram criados os gráficos do detalhamento do fator hidrológico, onde se atribuiu valor 1 (um) para cada valor de vazão extrema anual máxima ou mínima acima da média máxima ou mínima do período analisado, respectivamente, e 0 (zero) para valores extremos anuais máximos ou mínimos abaixo da média máxima ou da média mínima do período analisado, respectivamente: a) Fator hidrológico com valor 2 marcados na ordenada representam anos hidrológico excedente (ano hidrológico excedente, FIGURA 1), os pontos marcados com valor 1,5 (um e meio) representam anos hidrológicos normais excedentes FIGURA 2), os pontos marcados com valor 0,5 (meio) representam anos hidrológicos normais deficitários FIGURA 3) e os pontos com valor 0 (zero) marcados na ordenada representam anos hidrológicos deficitários FIGURA 4). Os anos hidrológicos com excedente hídrico (com valor 2) e normais excedentes (com valor 1,5) indicadores da ocorrência de cheias no período analisado. Da mesma maneira os anos hidrológicos normais deficitários (com valor 0,5) e os anos hidrológicos deficitários (com valor 0) são indicadores de prováveis secas no período analisado. No caso de valores extremos anuais máximos ou mínimos igual à média máxima ou mínima, respectivamente, pode-se considerar: a) o valor do fator hidrológico igual a 1 (um) se a outra medida for $\geq 70\%$ da média anual máxima ou mínima e 0 (zero) no caso do outro valor do fator hidrológico for $< 70\%$ da média anual máxima ou mínima. A mediana não foi utilizada, nos cálculos, por se entender que não oferece os cenários mais críticos.

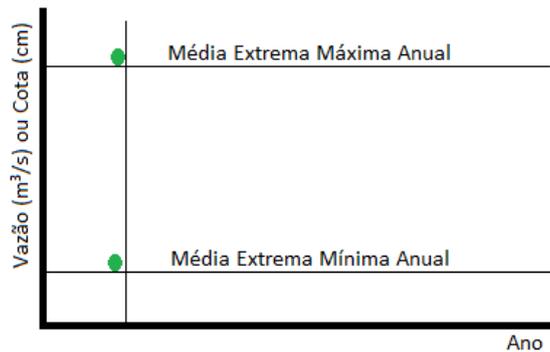


FIGURA 1 – Valores Extremos Máximos e Mínimos Anuais acima das médias extremas máximas e mínimas anuais: Ano Hidrológico Excedente. Fonte: Produção do próprio autor

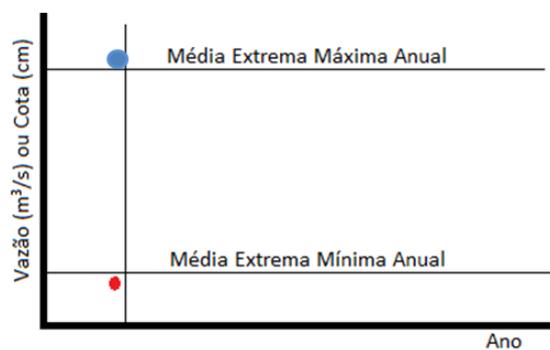


FIGURA 2 – Valor Extremo Máximo Anual acima da média extrema máxima e valor Extremo Mínimo Anual menor do que a média extrema mínima anual: Ano Hidrológico Normal Excedente. Fonte: Produção do próprio autor.

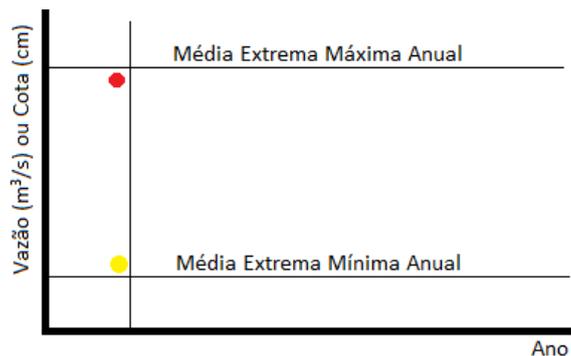


FIGURA 3 – Valor Extremo Máximo abaixo da média extrema máxima e valor Extremo Mínimo Anual acima do que a média extrema mínima anual: Ano Hidrológico Normal Excedente, Fonte: Produção do próprio autor

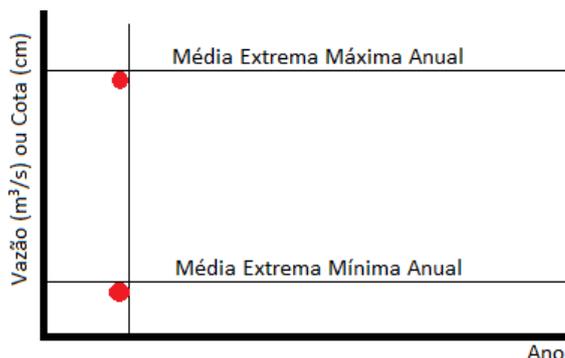


FIGURA 4 – Valores Extremos Máximos e Mínimos Anuais abaixo das médias extremas máximas e mínimas anuais: Ano Hidrológico Deficitário. Fonte: Produção do próprio autor

QUADRO 1: Resumo do detalhamento do fator hidrológico. Fonte: Produção do próprio autor.

Valores extremos anuais	Média máxima <valor extremo máximo anual	Média máxima >valor extremo máximo anual	Média mínima <valor extremo mínimo anual	Média máxima >valor extremo mínimo anual	Valor do Fator Hidrológico	Detalhamento do Fator Hidrológico	Classificação do Ano Hidrológico
Valor Máximo	1	-	-	-	1 + 1 = 2	2	Ano Excedente
Valor Mínimo	-	-	1	-			
Valor Máximo	1	-	-	-	1 + 0 = 1	1 + 0,5 = 1,5	Ano Normal Excedente
Valor Mínimo	-	-	-	0			
Valor Máximo	-	0	-	-	0 + 1 = 1	1 - 0,5 = 0,5	Ano Normal Deficitário
Valor Mínimo	-	-	1	-			
Valor Máximo	-	0	-	-	0 + 0 = 0	0	Ano Deficitário
Valor Mínimo	-	-	-	0			

O gráfico do detalhamento do fator hidrológico pode ser confeccionado com cotas, da seção de medição, ou vazões, obtendo-se o mesmo resultado. Aconselha-se usar um período amostral maior ou igual a 30 anos na análise. O resumo do Detalhamento do Fator Hidrológico pode ser observado no (QUADRO 1). Como o ano hidrológico normal pode ser originado de duas maneiras. O seu detalhamento é realizado somando o valor 0,5 (meio) ao fator hidrológico dos

anos hidrológicos normais com média extrema máxima do período menor que o valor máximo extremo anual (Ano Normal Excedente) e subtraímos 0,5 (meio) dos anos normais com média extrema mínima do período menor que o valor mínimo extremo anual (Ano Normal Deficitário). Esta análise caracteriza apenas o ano hidrológico na Estação e não a drenagem como um todo, desta maneira podemos dizer se num determinado ano um rio teve um ano hidrológico excedente, um ano hidrológico normal excedente, um ano hidrológico normal deficitário ou um ano hidrológico deficitário na Estação estudada.

Na exemplificação do modelo foram utilizados os dados pré-existentes de vazões máximas e mínimas, médias máximas e mínimas, para o período de 1930 a 2011, na bacia do rio Paraguaçu na Estação 51280000, em Iaçú. Na TABELA 1, além dos dados de vazão, é possível observar os anos hidrológicos excedentes, em verde, os anos hidrológicos normais excedentes, em azul, os anos hidrológicos normais deficitários, em amarelo, os anos hidrológicos deficitários, em vermelho. E o detalhamento do fator hidrológico do ano para a estação 51280000.

TABELA 1 - Dados hidrológicos no período de 1930 a 2011, na Estação 51280000, em Iaçú_BA.

Ano	Vazão Extrema Máxima	Vazão Extrema Mínima	Média Máxima	Média Mínima	Fator Hidrológico	Detalhamento do Fator Hidrológico
1930	650,0	4,9	647,2	7,9	1	1,5
1931	564,0	5,8	647,2	7,9	0	0
1932	173,0	3,9	647,2	7,9	0	0
1933	322,0	5,1	647,2	7,9	0	0
1934	682,0	9,0	647,2	7,9	2	2
1935	541,0	6,0	647,2	7,9	0	0
1936	472,0	10,5	647,2	7,9	1	0,5
1937	634,0	5,4	647,2	7,9	0	0
1938	242,0	4,7	647,2	7,9	0	0
1939	296,0	4,3	647,2	7,9	0	0
1940	1129,0	10,5	647,2	7,9	2	2
1941	460,0	6,0	647,2	7,9	0	0
1942	1439,0	6,2	647,2	7,9	1	1,5
1943	702,0	7,0	647,2	7,9	1	1,5
1944	1024,0	6,7	647,2	7,9	1	1,5
1945	653,0	17,4	647,2	7,9	2	2
1946	460,0	6,0	647,2	7,9	0	0
1947	1685,0	5,6	647,2	7,9	1	1,5
1948	964,0	10,1	647,2	7,9	2	2
1949	728,0	9,7	647,2	7,9	2	2
1950	554,0	7,8	647,2	7,9	0	0
1951	392,0	3,8	647,2	7,9	0	0
1952	759,0	3,1	647,2	7,9	1	1,5
1953	430,0	4,7	647,2	7,9	0	0
1954	1064,0	3,0	647,2	7,9	1	1,5
1955	720,0	4,1	647,2	7,9	1	1,5
1956	720,0	5,1	647,2	7,9	1	1,5
1957	1561,0	16,9	647,2	7,9	2	2
1958	548,0	13,8	647,2	7,9	1	0,5
1959	457,0	4,7	647,2	7,9	0	0
1960	1050,0	8,9	647,2	7,9	2	2
1961	254,0	4,1	647,2	7,9	0	0
1962	259,0	5,6	647,2	7,9	0	0
1963	356,0	3,9	647,2	7,9	0	0
1964	682,0	16,9	647,2	7,9	2	2
1965	322,0	10,5	647,2	7,9	1	0,5

1966	650,0	10,5	647,2	7,9	2	2
1967	767,0	11,2	647,2	7,9	2	2
1968	647,0	10,8	647,2	7,9	1	0,5
1969	791,0	12,4	647,2	7,9	2	2
1970	922,0	16,4	647,2	7,9	2	2
1971	682,0	9,0	647,2	7,9	2	2
1972	1002,0	9,7	647,2	7,9	2	2
1973	345,0	10,1	647,2	7,9	1	0,5
1974	783,0	12,8	647,2	7,9	2	2
1975	618,0	15,9	647,2	7,9	1	0,5
1976	554,0	7,8	647,2	7,9	0	0
1977	457,0	10,5	647,2	7,9	1	0,5
1978	1283,0	29,2	647,2	7,9	2	2
1979	1016,0	11,6	647,2	7,9	2	2
1980	883,0	19,5	647,2	7,9	2	2
1981	1072,0	17,5	647,2	7,9	2	2
1982	256,0	9,7	647,2	7,9	1	0,5
1983	667,0	10,9	647,2	7,9	2	2
1984	243,0	6,5	647,2	7,9	0	0
1985	1054,0	14,5	647,2	7,9	2	2
1986	276,0	9,7	647,2	7,9	1	0,5
1987	315,0	4,3	647,2	7,9	0	0
1988	346,0	7,2	647,2	7,9	0	0
1989	1045,0	5,4	647,2	7,9	1	1,5
1990	657,0	7,9	647,2	7,9	2	2
1991	1220,0	5,7	647,2	7,9	1	1,5
1992	682,0	9,0	647,2	7,9	2	2
1993	222,0	2,7	647,2	7,9	0	0
1994	524,0	3,1	647,2	7,9	0	0
1995	165,6	0,7	647,2	7,9	0	0
1996	236,4	1,9	647,2	7,9	0	0
1997	1153,1	3,7	647,2	7,9	1	1,5
1998	221,0	0,4	647,2	7,9	0	0
1999	521,2	8,1	647,2	7,9	1	0,5
2000	1090,0	3,1	647,2	7,9	1	1,5
2001	144,5	5,2	647,2	7,9	0	0
2002	1074,4	4,4	647,2	7,9	1	1,5
2003	280,5	1,8	647,2	7,9	0	0
2004	944,8	1,6	647,2	7,9	1	1,5
2005	874,6	4,0	647,2	7,9	1	1,5
2006	528,8	5,2	647,2	7,9	0	0
2007	429,5	6,3	647,2	7,9	0	0
2008	343,9	6,9	647,2	7,9	0	0
2009	250,0	7,2	647,2	7,9	0	0
2010	624,4	7,2	647,2	7,9	0	0
2011	259,1	6,0	647,2	7,9	0	0

Fonte dos dados: BRASIL, 2012. Produção do próprio autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De posse dos dados de vazões máximas e mínimas para o período de 1930 a 2011 foi possível confeccionar a FIGURA 5 vazão máxima associada à média das vazões máximas: 647,7 m³/s e a FIGURA 6 de vazões mínimas associadas à média das vazões mínimas: 7,9 m³/s. Estes gráficos nos indicam se as vazões máximas e mínimas estão acima ou abaixo das médias máximas e

mínimas, respectivamente. Porém isoladamente só refletem que num determinado ano houve grandes ou pequenas vazões na bacia hidrográfica estudada, sem, contudo definir se este ano hidrológico foi normal, ou se houve excedente hídrico ou seca hidrológica.

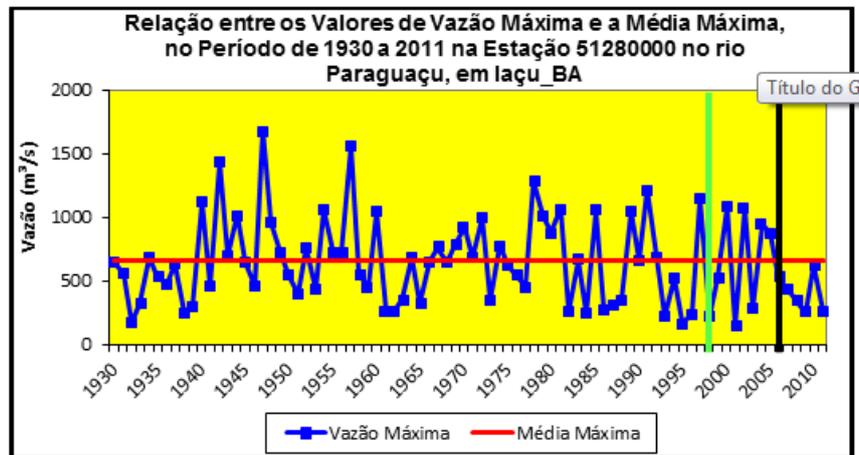


FIGURA 5: Avaliação dos valores de vazão máxima em relação à média máxima no período de 1930 a 2011, na Estação 51280000, em Iaçú_BA. A linha vertical marron representa o ano de inauguração da Barragem de Apertado (1998) e em cinza da Barragem de Bandeira de Melo (2006). Fonte: GONÇALVES, 2014.

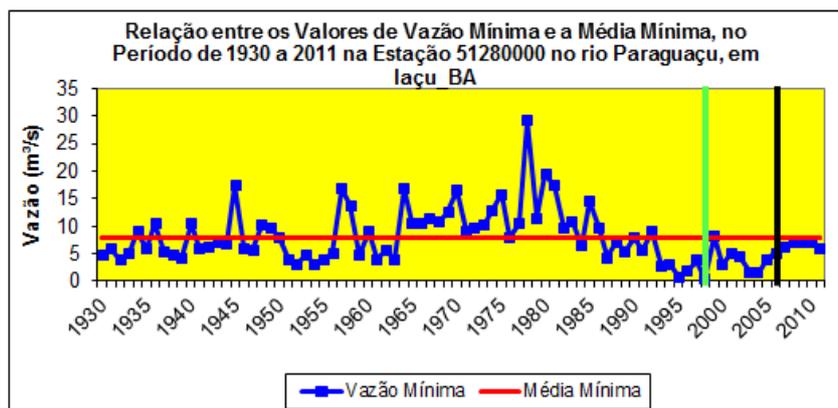


FIGURA 6: Avaliação dos valores de vazão mínima em relação à média mínima no período de 1930 a 2011, na Estação 51280000, em Iaçú_BA. A linha vertical verde representa o ano de inauguração da Barragem de Apertado (1998) e em preto da Barragem de Bandeira de Melo (2006). Fonte: GONÇALVES, 2014.

A FIGURA 7 mostra o Fator Hidrológico no período de 1930 a 2011, na Estação 51280000, em Iaçú_BA. Neste gráfico não é possível observar se o ano considerado normal hidrológico possui valores de vazões máximas ou mínimas acima das respectivas médias máximas ou mínimas, indicando apenas a normalidade do dado sem dá um indicativo se a normalidade possui tendência para vazões excedentes máximas ou tendência para vazões deficitárias.

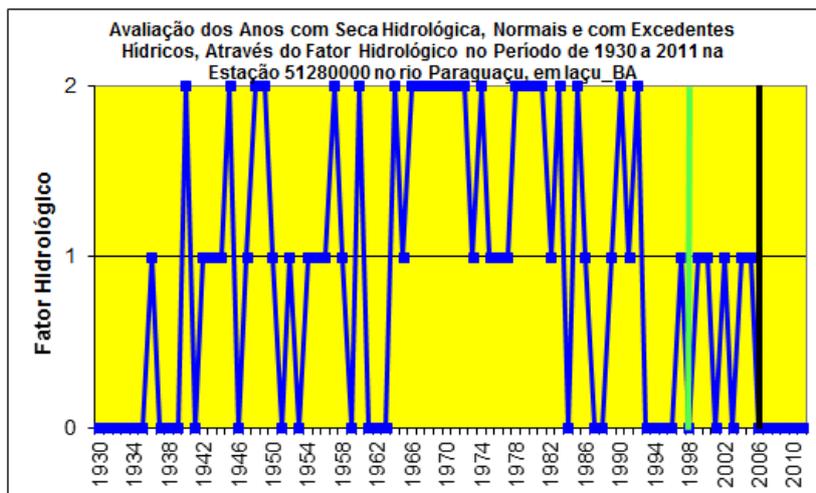


Figura 7: Avaliação dos anos hidrológicos excedentes, anos hidrológicos normais excedentes, anos hidrológicos normais deficitários, anos hidrológicos deficitários, além dos impactos nas vazões à jusante de barramentos no Período de 1930 a 2011, na Estação 51280000, em Iaçú_BA. Fonte: GONÇALVES, 2014.

A FIGURA 8 mostra o Detalhamento do Fator hidrológico no Período de 1930 a 2011, na Estação 51280000, em Iaçú_BA. Neste gráfico é possível observar se o ano considerado normal hidrológico possui valores de vazão máxima ou mínima acima das respectivas médias máximas ou mínimas, indicando a normalidade do dado e dando um indicativo se a normalidade possui tendência para vazões excedentes máximas ou tendência para vazões deficitárias. Um exemplo de gráfico do detalhamento do fator hidrológico pode ser observado na FIGURA 8, onde os pontos com valor 2 marcados na ordenada representam anos hidrológico excedente, os pontos marcados com valor 1,5 representam anos hidrológicos normais excedentes, os pontos marcados com valor 0,5 representam anos hidrológicos normais deficitários e os pontos com valor 0 marcados na ordenada representam anos hidrológicos deficitários. Os anos hidrológicos com excedente hídrico (com valor 2) e normais excedentes (com valor 1,5) indicadores da ocorrência de cheias no período analisado. Da mesma maneira os anos hidrológicos normais deficitários (com valor 0,5) e os anos hidrológicos deficitários (com valor 0) são indicadores prováveis secas no período analisado.

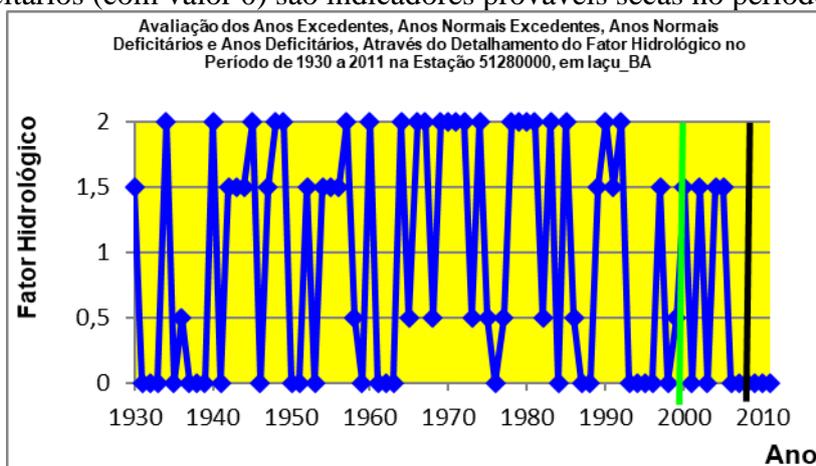


FIGURA 8: Detalhamento do fator hidrológico no período de 1930 a 2011, na Estação 51280000, em Iaçú_BA. A linha vertical verde representa o ano de inauguração da Barragem de Apertado (1998) e em preto da Barragem de Bandeira de Melo (2006). Fonte dos dados: BRASIL, 2012.

5. CONCLUSÕES

A construção do gráfico do Detalhamento do Fator Hidrológico é uma ferramenta muito importante na gestão de bacias hidrográficas, pois um indicativo se os anos hidrológicos normais possui tendência para vazões excedentes ou tendência para vazões deficitárias.

Da mesma forma que o gráfico do Fator Hidrológico, o gráfico do Detalhamento do Fator Hidrológico pode nos mostrar os impactos nas vazões de jusante a barramentos, desde que a estação estudada tenha sido instalada antes construção da barragem, na região de jusante a mesma.

adoção do gráfico do Detalhamento do fator Hidrológico traz ganhos de análise, do ponto de vista quantitativo, pois dá indicação de como está acontecendo à distribuição do recurso hídrico na bacia hidrográfica e desta maneira colabora de maneira incisiva para a gestão das águas superficiais.

A colocação do ano de início de operação das barragens no gráfico do Detalhamento do fator Hidrológico permite dizer que após a construção da barragem de Apertado (1998), não foram mais registrados anos hidrológicos excedentes na Estação 51280000, em Iaçú_BA, e que após a construção da barragem Bandeira de Melo (2006), não foram mais registrados anos hidrológicos excedentes, anos hidrológicos normais excedentes e anos hidrológicos normais deficitários na Estação 51280000, em Iaçú_BA,

REFERÊNCIAS

GONÇALVES, M. J. de S. **Avaliação Quantitativa das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu no Estado da Bahia – Brasil**. 2014. 168 f. Tese (Doutoramento) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

BRASIL. (2012). Agência Nacional das Águas (ANA). www.ana.gov.br. Acesso em 12 de abril de 2012.