



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA



**AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES HIDROLÓGICAS A JUSANTE DE
BARRAGENS POR MEIO DE ANÁLISE DE SENSIBILIDADE À VARIAÇÃO
DE VARIÁVEIS DE PROJETO**

Camilla Hellen Peixoto de Lima

Salvador

2014



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA



**AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES HIDROLÓGICAS A JUSANTE DE
BARRAGENS POR MEIO DE ANÁLISE DE SENSIBILIDADE À VARIAÇÃO
DE VARIÁVEIS DE PROJETO**

Camilla Hellen Peixoto de Lima

Dissertação apresentada a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA) como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento.

Orientador: Fernando Genz (Rajendra)

Co-Orientador: Lafayette Dantas da Luz

Salvador

2014

L732 Lima, Camilla Hellen Peixoto de.

Avaliação das alterações hidrológicas a jusante de barragens por meio de análise de sensibilidade à variação de variáveis de projeto / Camilla Hellen Peixoto de Lima. – Salvador, 2014.

231f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Genz.

Co-orientador: Prof. Dr. Lafayette Dantas da Luz.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2014.

1. Barragens. 2. Impacto ambiental. 3. Hidrologia – alteração.
I. Genz, Fernando. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDD: 627.8

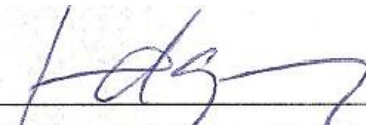
Camilla Hellen Peixoto de Lima

AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES HIDROLÓGICAS A JUSANTE DE
BARRAGENS POR MEIO DE ANÁLISE DE SENSIBILIDADE À VARIAÇÃO DE
VARIÁVEIS DE PROJETO

Dissertação submetida a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia
(UFBA) para a obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente, Águas e
Saneamento.

Salvador, 13 de março de 2014

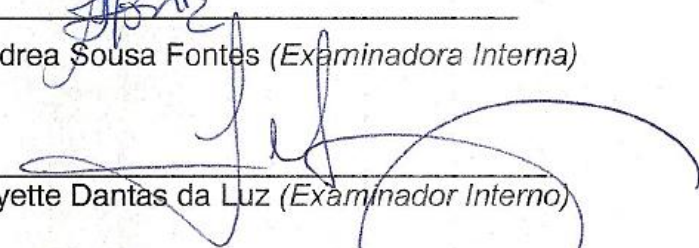
Banca examinadora:



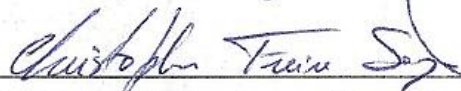
Prof. Dr. Fernando Genz (*Orientador*)



Profa. Dra. Andrea Sousa Fontes (*Examinadora Interna*)



Prof. Dr. Lafayette Dantas da Luz (*Examinador Interno*)



Prof. Dr. Christopher Freire Souza (*Examinador Externo*)

“Nós podemos escolher conscientemente gerenciar nossos rios para certas consequências ambientais esperadas, ou nós podemos escolher intencionalmente aceitar as respostas ambientais conforme elas ocorram ao acaso.” (COLLIER et al., 2000, pg. 1)

AGRADECIMENTOS

A minha família: meus pais (Francisco Lima Jr. e Guaraciara Peixoto); meu irmão (Bruno Lima); meus avós e avôs (Francisco Lima, Anggela Barroso, Maria Veregin e Bryan Veregin); a minha tia e minhas primas (Ana Lima, Beatriz Vieira e Bianca Vieira); ao meu tio do coração e sua mãe (Enzo e Vilma), agradeço a todos, pois mesmo sem saber o que era um mestrado vocês tentaram entender a minha decisão e torceram por mim. Cada um de vocês contribuiu para minha vitória de forma diferente e por isso sou muito grata.

Ao meu orientador Fernando Genz (Rajendra), por ser mais que um orientador, ter se tornado um grande amigo. Muito obrigada por todas as coisas que me ensinou e pela paciência que teve comigo ao longo dessa jornada. Aprendi muito com o Sr. e espero que tenha aprendido comigo também. Obrigada por me dar a liberdade de escolher que caminho seguir quanto a temática da dissertação e por termos feito um bom trabalho juntos. Confesso que quando comecei o mestrado não tinha ideia aonde iria chegar e estou muito feliz com o resultado obtido.

Ao meu co-orientador Lafayette Dantas da Luz, em primeiro lugar muito obrigada por aceitar ser meu orientador. Fiquei muito feliz em ter encontrado um professor como o Sr. na UFBA que acreditou em mim e me deu um voto de confiança. Talvez o Sr. não saiba mas durante a seleção o Sr. me disse uma frase que me motivou muito: faça uma boa prova, pois temos grandes planos pra você. Foi acreditando nisso que me empenhei para fazer uma boa prova e consegui passar. Obrigada por todos os sábios conselhos e conversas sobre a minha dissertação que aconteceram ao longo destes anos e ter introduzido a hidrologia na minha vida.

A Professora Andrea Fontes pelos sábios conselhos e sugestões que me deu durante as bancas da minha dissertação.

A Professora Márcia Marinho pela atenção que teve comigo ao longo da disciplina ENGH73 - Metodologia de Pesquisa e Métodos Qualitativos sempre ouvindo minhas solicitações e contribuindo para a adequação da minha dissertação a metodologia proposta pela disciplina.

A Professora Karla Esquerre pela luz e ajuda no entendimento e construção dos cenários alternativos da dissertação, além da sinalização do uso de uma ferramenta de estatística para analisar os resultados.

Ao Professor Andrew Black por prontamente responder meus e-mails dando todo o apoio que precisei para aplicar a sua metodologia.

Ao Professor Nilson Campos pela simpatia e grande apoio em todas as solicitações que eu fiz.

A todos os Professores do MAASA e da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA) que contribuíram para minha formação acadêmica durante o mestrado: Andrea Fontes, Bruno Jardim, Fernando Genz, Iara Brandão, Jorge Eurico Matos, Lafayette Luz, Luciano Queiroz, Louisa Perelo, Magda Beretta, Márcia Marinho, Marlene Peso, Patrícia Borja, Severino Agra, Vânia Campos, Viviana Zanta e Yvonilde Medeiros.

Ao Professor Christopher Freire Souza pelas contribuições para melhora da dissertação durante a banca.

Ao Professor Alexsandro Fiscina por me despertar o interesse pela pesquisa e me apoiar em tentar o processo seletivo do MAASA.

Ao apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

A César Augusto Peña Fernández, por me fazer sentir uma das pessoas mais amadas do mundo, por todos os momentos que me dedicou tempo e concedeu seu um ombro amigo para chorar. É uma pena que as vezes as coisas boas não duram.

A Juliana Torres, grande amiga que fiz durante o mestrado e que me entende como mais que ninguém nesse mundo. Obrigada por compartilhar momentos especiais ao meu lado e por entender minhas angustias durante os momentos ruins. Espero que nossa amizade dure para sempre.

As amigas que fiz ao longo da minha vida e ainda estão a meu lado, Alana Pinto, Clara Brites e Melina Ive. Obrigada pela paciência, por entender as minhas ausências e por me apoiar nos momentos que precisei.

A Thiago Lisboa, pelas longas conversas sobre metodologia científica e por mesmo sendo de outra área completamente diferente da minha tentar me ajudar a compreender onde toda a filosofia dessa metodologia se relacionava com a minha dissertação.

Aos amigos Frank Zeyda, Alexandre Kamei, Marco Trapanotto e Leonardo Freitas por me motivarem a seguir a carreira acadêmica e nunca me deixar abater pelas dificuldades que encontrei no caminho.

Aos colegas de laboratório que viraram amigos, Carolina Penalber, Wilton Aguiar, Mila Mônaco. e Samara Silva, pelas conversas agradáveis, pela companhia e apoio ao longo da minha jornada. Principalmente a Samara Silva pelos conselhos e apoio ao longo do desenvolvimento da minha dissertação.

A meu advogado Fernando Lopes por ter lutado ao meu lado e me garantir que tudo daria certo no final. Muito obrigada, você teve um papel fundamental na minha vitória.

RESUMO

A construção de barragens tem trazido uma série de benefícios à sociedade, porém também pode trazer impactos negativos. Dentre os impactos negativos, esta dissertação focou os impactos hidrológicos. Este trabalho propõe-se avaliar as alterações hidrológicas a jusante de barragens por meio da análise de sensibilidade à variação da capacidade de armazenamento, demandas hídricas do reservatório, tipologia do vale e vazão remanescente para diferentes regimes hídricos. Para a execução deste tipo de abordagem foram simuladas as alterações impostas pelas barragens em dois regimes hidrológicos distintos (um perene e um intermitente). Uma vez de posse das séries de vazão dos períodos pré e pós impacto, foi possível avaliar e classificar tais alterações por meio de duas metodologias existentes, o Indicators of Hydrological Alteration (IHA) e o Dundee Hydrological Regime Alteration Method (DHRAM). Em seguida foi executada a análise de sensibilidade das alterações hidrológicas frente a variação das variáveis de projeto utilizando Planejamento Fatorial. As alterações hidrológicas afetaram de forma distinta e com diferentes graus cada grupo de parâmetros hidrológicos do IHA. Em alguns casos foi possível identificar um comportamento diferente entre os experimentos de uso consuntivo e não consuntivo, demonstrando o poder de alteração da demanda sobre o regime hidrológico. Quanto à classificação do DHRAM, os resultados obtidos indicam que as barragens causam impactos relevantes: 75% dos experimentos tiveram o trecho de rio classificado como alto risco de impacto ou condição severamente impactada (Classe 4 ou 5). Através do Planejamento Fatorial duas variáveis de projeto demonstraram ter importância (em efeito e magnitude) nos estudos das alterações hidrológicas decorrente da implantação de barragens: a demanda e a vazão remanescente. Foi demonstrado que o estudo das alterações hidrológicas com as metodologias existentes pode ser feito ainda na fase de projeto, e a escolha de um cenário com menor impacto pode ser feita com base em variáveis de projeto como demanda e vazão remanescente.

Palavras-chave: barragens, alterações hidrológicas, variáveis de projeto.

ABSTRACT

The construction of dams brings a number of benefits to the society, but may have negative impacts. Among the negative impacts this dissertation focus on the hydrological impacts. This study aimed to assess the downstream hydrological changes caused by dams through a sensitivity analysis to changes in storage capacity, the reservoir water demands, typology of the valley and flow requirements for different flow regimes. For the implementation of this approach changes imposed by dams in two distinct regimes of river (a perennial and an intermittent) were simulated. In possession of the flow series of pre and post impact period it was possible to evaluate and classify the hydrological changes with two existing methodologies, the Indicators of Hydrological Alteration (IHA) and the Dundee Hydrological Regime Alteration Method (DHRAM). After this step it was performed a sensitivity analysis of hydrological changes due to variation of the design variables using Factorial Design. Hydrological changes affected in different ways and with different degrees each group of hydrological parameters of the IHA. In some cases it was possible to identify different behavior between experiments of consumptive and non-consumptive water use, demonstrating the power of change of the water demand on the hydrological regime. The results obtained with DHRAM classification, indicated that dams cause significant impacts to the rivers, 75 % of trials had the reach of river classified as high risk of impact or severely impacted condition (Class 4 or 5). Through the Factorial Design two design variables shown to be important (in effect and magnitude) in studies of hydrological changes resulting from the implementation of dams: the water demand and flow requirements. It has been established that the study of hydrological changes with the existing methodologies can be made even during the design phase, and the choice of a scenario with less impact can be done based on key design variables such as water demand and flow requirements.

Key-words: dams, hydrological alterations, project variables.

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
DC	Demanda consuntiva
DHRAM	Dundee Hydrological Regime Alteration Method
DNC	Demanda não consuntiva
EFC	Environmental Flow Component
HIT	Hydrologic Index Tool
IHA	Indicators of Hydrological Alteration
AIHA	Aggregate Index of Hydrological Alteration
IDHA	Index of Daily Hydrological Alteration
MGB-IPH	Modelo Hidrológico de Grandes Bacias
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
RVA	Range of Variability Approach
VR5	Vazão remanescente de 5% da vazão com 90% de garantia
VR20	Vazão remanescente de 20% da vazão com 90% de garantia
WCD	World Commission on Dams
WEAP	Water Evaluation and Planning System

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exemplos de diferentes usos de reservatórios e alguns aspectos operacionais	28
Quadro 2: Critérios para classificação de barragens de acordo com a Resolução nº 143 de 10 de julho de 2012	30
Quadro 3: Impactos ambientais de barragens descritos na literatura	33
Quadro 4: Metodologias utilizadas para avaliação e classificação das alterações hidrológicas em rios	40
Quadro 5: Grupos estatísticos do IHA e sua influência no ecossistema	44
Quadro 6: Matriz do experimento para a análise fatorial 23	58
Quadro 7: Sumário dos parâmetros hidrológicos usados pelo método do IHA	68
Quadro 8: Limiar das mudanças hidrológicas usado para atribuição dos pontos de impacto ...	69
Quadro 9: Definição das Classes do DHRAM	70
Quadro 10: Combinações finais dos experimentos que serviram como base na análise fatorial para cada regime hídrico e capacidades de armazenamento.	71
Quadro 11: Relação das barragens, suas respectivas capacidades de armazenamento, alturas, coeficientes de abertura e formas do lago	74
Quadro 12: Principais estatísticas dos regime hidrológicos não alterados	74
Quadro 13: Principais estatísticas das séries de vazão para as pequenas capacidades do regime perene.....	78
Quadro 14: Principais estatísticas das séries de vazão para as grandes capacidades do regime perene.....	78
Quadro 15: Principais estatísticas das séries de vazão para as pequenas capacidades do regime intermitente	81
Quadro 16: Caracterização das séries de vazão para as grandes capacidades do regime intermitente	82
Quadro 17: Dia e mês da máxima e da mínima para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene	100
Quadro 18: Dia e mês da máxima e da mínima para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene	101
Quadro 19: Dia e mês da máxima e da mínima para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	102

Quadro 20: Dia e mês da máxima e da mínima para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	104
Quadro 21: Alterações nos parâmetros do Grupo 4 para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene	107
Quadro 22: Alterações nos parâmetros do Grupo 4 para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene	108
Quadro 23: Alterações nos parâmetros do Grupo 4 para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	109
Quadro 24: Alterações nos parâmetros do Grupo 4 para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	111
Quadro 25: Alterações nos parâmetros do Grupo 5 para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene	112
Quadro 26: Alterações nos parâmetros do Grupo 5 para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene	113
Quadro 27: Alterações nos parâmetros do Grupo 5 para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	114
Quadro 28: Alterações nos parâmetros do Grupo 5 para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	115
Quadro 29: Relação do símbolo -1 e +1 ao extremo do fator na análise fatorial	128
Quadro 30: Efeitos individuais e de interação dos fatores para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene.....	129
Quadro 31: Passo 1, definição da matriz do resultado dos experimentos sobre a variável em estudo e a sequência do Y	130
Quadro 32: Passo 2 cálculo dos efeitos.....	130
Quadro 33: Efeitos individuais e de interação para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene	132
Quadro 34: Efeitos individuais e de interação para as barragens de pequena capacidade de armazenamento com relação aos cinco grupos do IHA no regime perene	134
Quadro 35: Efeitos individuais e de interação para as barragens de grande capacidade de armazenamento com relação aos cinco grupos do IHA no regime perene	137
Quadro 36: Efeitos individuais e de interação para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	141
Quadro 37: Efeitos individuais e de interação para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	143

Quadro 38: Efeitos individuais e de interação para as barragens de pequena capacidade de armazenamento com relação aos cinco grupos do IHA no regime intermitente.....	145
Quadro 39: Efeitos individuais e de interação para as barragens de grande capacidade de armazenamento com relação aos cinco grupos do IHA no regime intermitente.....	149
Quadro 40: Potencial de impacto de cada variável de projeto e suas interações para os dois regimes hídricos e suas diferentes capacidades de armazenamento	153

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Impactos de barragem de primeira, segunda, terceira e quarta ordem em decorrência de barragens.....	32
Figura 2: Modelo ecológico conceitual para espécies hipotéticas	35
Figura 3: Biodiversidade aquática e os regimes de vazão natural	36
Figura 4: Aplicação do método IHA no Rio Roanoke na Carolina do Norte	46
Figura 5: A nova versão do Software IHA categoriza cada valor da vazão diária em um dos cinco “Componentes da Vazão Ecológica”	50
Figura 6: Visão geral do DHRAM.....	53
Figura 7: Significado dos coeficientes geométricos k e α	61
Figura 8: Determinação da forma de um lago.....	62
Figura 9: Curvas para a classificação das formas dos reservatórios a partir das curvas hipsográficas cota-volume (adaptado de Håkanson)	62
Figura 10: Fluxograma de funcionamento de uma barragem	64
Figura 11: Curvas das formas dos reservatórios da Bahia	73
Figura 12: Comparação entre as vazões mensais dos dois regimes não alterados	75
Figura 13: Curva de permanência dos regimes não alterados	76
Figura 14: Curva de permanência dos experimentos para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene	84
Figura 15: Curva de permanência dos experimentos para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene	84
Figura 16: Curva de permanência dos experimentos para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	87
Figura 17: Curva de permanência dos experimentos para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	87
Figura 18: Alterações nas vazões mensais para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene	91
Figura 19: Alterações nas vazões mensais para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene	92
Figura 20: Alterações nas vazões mensais para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	94

Figura 21: Alterações nas vazões mensais para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	95
Figura 22: Vazão mínima de 7 dias para os experimentos de pequena e grande capacidade do regime perene.....	97
Figura 23: Vazão mínima de 7 dias para os experimentos de pequena e grande capacidade do regime intermitente	99
Figura 24: Classificação final dos experimentos do regime perene	116
Figura 25: Pontos de impacto dos experimentos de pequena capacidade de armazenamento do regime perene.....	117
Figura 26: Pontos de impacto dos experimentos de grande capacidade de armazenamento do regime perene.....	119
Figura 27: Classificação final dos experimentos do regime intermitente.....	121
Figura 28: Pontos de impacto dos experimentos de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente	122
Figura 29: Pontos de impacto dos experimentos de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente	124
Figura 30: Resumo das classificações finais do DHRAM obtidas pelos dois regimes	127
Figura 31: Resumo dos pontos de impacto obtido nos dois regimes	127
Figura 32: Efeitos principais sobre os pontos do DHRAM para barragens com pequena capacidade de armazenamento do regime perene.....	131
Figura 33: Efeitos principais sobre os pontos do DHRAM para barragens com grande capacidade de armazenamento do regime perene.....	132
Figura 34: Efeitos individuais e de interação do percentual dos grupos do IHA para pequena capacidade de armazenamento para o regime perene.....	134
Figura 35: Efeitos principais nos 5 grupos do IHA para barragens com pequena capacidade de armazenamento do regime perene	136
Figura 36: Efeitos individuais e de interação do percentual dos grupos do IHA para grande capacidade de armazenamento para o regime perene.....	138
Figura 37: Efeitos principais nos 5 grupos do IHA para barragens com grande capacidade de armazenamento do regime perene	140
Figura 38: Efeitos principais sobre os pontos do DHRAM para barragens com pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente	142
Figura 39: Efeitos principais sobre os pontos do DHRAM para barragens com grande capacidade de armazenamento do regime intermitente	143

Figura 40: Efeitos individuais e de interação do percentual dos grupos do IHA para pequena capacidade de armazenamento para o regime intermitente	145
Figura 41: Efeitos principais nos 5 grupos do IHA para barragens com pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	148
Figura 42: Efeitos individuais e de interação do percentual dos grupos do IHA para grande capacidade de armazenamento para o regime intermitente	150
Figura 43: Efeitos principais nos 5 grupos do IHA para barragens com grande capacidade de armazenamento do regime intermitente.....	152
Figura 44: Comparação dos efeitos dos fatores e das suas combinações para os dois regimes de barragens de pequena e grande capacidade de armazenamento	154
Figura 45: Resumo do efeito individual da demanda com relação aos 5 grupos do IHA para o regime perene e intermitente.....	156
Figura 46: Resumo do efeito individual da tipologia com relação aos 5 grupos do IHA para o regime perene e intermitente.....	157
Figura 47: Resumo do efeito individual da vazão remanescente com relação aos 5 grupos do IHA para o regime perene e intermitente	159

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
2. OBJETIVO	24
2.1. Objetivo Geral	24
2.2. Objetivos Específicos	24
3. BARRAGENS E RESERVATÓRIOS	25
3.1. Características e classificações	26
3.1.1. Tamanho/ Altura do corpo	26
3.1.2. Capacidade de armazenamento	27
3.1.3. Uso e regra de operação	27
3.1.4. Idade	29
3.1.5. Categoria de risco e dano potencial associado	29
3.2. Impactos ambientais	31
3.3. Impactos hidrológicos	34
4. METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS ALTERAÇÕES HIDROLÓGICAS	39
4.1. Metodologias de avaliação	43
4.1.1. Indicator of Hydrological Alterations (IHA)	43
4.1.2. Range of Variability Approach (RVA)	45
4.1.3. Aggregate Index of Hydrological Alteration (AIHA)	47
4.1.4. Index of Daily Hydrological Alteration (IDHA)	48
4.1.5. Hydrologic Index Tool (HIT)	49
4.1.6. Environmental Flow Component (EFC)	50
4.2. Metodologias de classificação	51
4.2.1. Range of Variability Approach (RVA)	51
4.2.2. Dundee Hydrological Regime Alteration Method (DHRAM)	52
5. METODOLOGIA	55
5.1. Escolha das metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas a serem aplicadas	56

5.2. Definição de uma ferramenta capaz de avaliar a sensibilidade das alterações hidrológicas frente a diferentes capacidades de armazenamento, demandas hídricas do reservatório, tipologias do vale e vazões remanescentes.....	56
5.3. Construção dos Cenários Alternativos	58
5.3.1. Capacidade de armazenamento	59
5.3.2. Demanda hídrica do reservatório	59
5.3.3. Vazão remanescente.....	59
5.3.4. Tipologia do vale.....	60
5.4. Simulação do balanço hídrico de reservatórios hipotéticos	63
5.5. Aplicação das metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas.....	66
5.5.1. IHA.....	67
5.5.2. DHRAM.....	68
5.6. Análise da sensibilidade da variação das variáveis de projeto a partir do planejamento fatorial.....	70
6. RESULTADOS.....	72
6.1. Estudo realizado para a definição do valor do α (coeficiente de forma).....	73
6.2. Caracterização dos regimes hidrológicos não alterados	74
6.3. Caracterização das séries de vazão geradas na simulação do balanço hídrico de reservatórios hipotéticos (regimes hidrológicos alterados).....	77
6.3.1. Caracterização das séries de vazão do regime perene	77
6.3.2. Caracterização das séries de vazão do regime intermitente	81
6.3.3. Curvas de permanência	83
6.4. Avaliação das alterações hidrológicas	89
6.4.1. Grupo 1 (magnitude das vazão mensais)	90
6.4.2. Grupo 2 (magnitude e duração das condições de vazões anuais extremas)	96
6.4.3. Grupo 3 (tempo de ocorrência das vazões anuais extremas)	99
6.4.4. Grupo 4 (frequência e duração dos pulsos de vazões máximas e mínimas)	106
6.4.5. Grupo 5 (taxa e frequência de mudança no hidrograma)	111
6.5. Classificação das alterações hidrológicas	116
6.5.1. Regime Perene.....	116
6.5.2. Regime Intermitente	120

6.5.3. Comparação entre os regimes	126
6.5.4. Considerações sobre o DHRAM para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene e intermitente	128
6.6. Análise de sensibilidade das alterações às variáveis de projeto	128
6.6.1. Regime Perene.....	129
6.6.2. Regime Intermitente	141
6.6.3. Comparação entre os dois regimes.....	153
7. CONCLUSÃO	161
8. REFERÊNCIAS.....	168
9. APÊNDICE	175
APÊNDICE A: CURVAS COTA-VOLUME DAS BARRAGENS HIPOTÉTICAS	176
APÊNDICE B: HIDROGRAMAS DOS REGIMES NÃO ALTERADOS	177
APÊNDICE C: HIDROGRAMAS DOS REGIMES ALTERADOS	180
APÊNDICE D: RESULTADO DO IHA.....	189
APÊNDICE E: RESULTADO DO DHRAM.....	222

1. INTRODUÇÃO

A construção de barragens tem trazido uma série de benefícios à sociedade, e por esta razão elas têm sido utilizadas ao longo dos milênios por várias civilizações e para diversos fins (controle de secas e cheias, abastecimento de água para a população e indústria, irrigação, criação de vias navegáveis, lazer, piscicultura e geração de hidroeletricidade). De acordo com a World Commission on Dams - WCD (2000, p. 14) “mais de 45.000 vezes no último século, as pessoas tomaram a decisão de construir uma barragem.”

Devido aos diversos benefícios socioeconômicos que uma barragem proporciona, com o passar do tempo houve aumento no número de barragens construídas, sendo que muitas vezes sua construção causou impactos ambientais a curto, médio e longo prazo e a nível local, regional e global.

Dentre os diversos autores que conduziram estudos sobre esta temática Rosenberg *et al.* (2000) afirmou que “alterações hidrológicas ubíquas – construção de barragens e desvio de água associados (...) – estão produzindo efeitos de escala global no ambiente.”

Em decorrência de um barramento, poderão ocorrer impactos físicos, químicos e biológicos no rio. Pringle *et al.* (2000) e Poff & Zimmerman (2010) relatam a dificuldade de prever os impactos que as barragens podem causar à biota local e às respostas que estes organismos irão apresentar pela falta de uma base de dados.

Os impactos de primeira ordem decorrentes da implantação de barragens descritos por Burke *et al.* (2009) são: hidrológicos, na qualidade da água e no suprimento de sedimento. Como reação a esta alteração, ocorrem impactos de segunda ordem (a morfologia da várzea e/ou do canal do rio poderá ser alterada, o seu regime hidráulico, assim como o transporte de sedimentos), terceira (biota local) e quarta ordem (resposta biológica).

Temas como impactos ambientais, dimensões, possíveis redes de interação e ferramentas para a quantificação dos impactos causados por barragens têm sido discutidos por diversos autores (Richter *et al.*, 1996; Vorosmarty *et al.*,

1997; Rosenberg *et al.*, 2000; Collier *et al.*, 2000; Pringle *et al.*, 2000; Poff & Hart, 2002; Postel & Richter, 2003; Silveira & Cruz, 2005; Nilsson *et al.*, 2005; Brasil, 2005; Burke *et al.*, 2009; Stevaux *et al.*, 2009; Poff & Zimmerman, 2010).

Frequentemente estes impactos têm sido ignorados em prol das necessidades que motivaram o homem a construí-las, porém as crenças e valores das sociedades são mutáveis. Atualmente a sociedade volta sua atenção para a conservação do meio ambiente e as intervenções que possam modificar a qualidade deste passam a ser avaliadas não só com enfoque socioeconômico, mas também com o ambiental.

Ponto importante na questão ambiental reside no fato de um rio possuir um regime natural, com enchentes, cheias, vazantes e secas e este regime hidrológico interagir com processos geoquímicos e ecológicos da biota aquática. A instalação de uma barragem em um rio ocasiona inevitavelmente uma **alteração hidrológica** no regime fluvial natural com consequências diversas a montante e a jusante do barramento. Alteração hidrológica pode ser definida de acordo com Rosenberg *et al.* (2000, p. 747) como “qualquer perturbação antrópica na magnitude ou tempo de ocorrência das vazões naturais dos rios.”

Poff *et al.* (1997) sugerem que seja feita uma gestão mais ampla dos rios reconhecendo a variabilidade das vazões e incorporando os cinco componentes do regime natural (ou seja, magnitude, frequência, duração, tempo de ocorrência e taxa de mudança). Esta forma de gestão seria mais ampla quando comparada a atualmente mais praticada que é focada em vazões mínimas e algumas espécies de animais.

Muitos passos já foram dados com relação à gestão dos rios com barramentos, como por exemplo, as citadas por Collier *et al.*, (2000), referente a estudos que estão sendo feitos sobre a eficiência das barragens existentes ao invés de construir novas barragens nos rios e, em alguns casos, a liberação de vazões com propósitos ambientais pelas barragens como forma de contemplar não somente o custo/benefício imediatos à sociedade, mas também o ambiente.

Porém apesar destes avanços, o problema é que a maior parte dos estudos faz uma avaliação e/ou classificação de alterações hidrológicas do período pós-

barragem, quando os efeitos já ocorreram (Richter *et al.*, 1996; Richter *et al.*, 1997; Collier *et al.*, 2000; Magilligan & Nislow, 2005; Graf, 2006; Genz & Luz, 2009; Burke *et al.*, 2009; Stevaux *et al.*, 2009; Genz & Luz, 2012; Mc Manamay *et al.*, 2012; Taylor, *et al.*, 2013).

Devido à importância que a utilização de barragens tem na sociedade, este trabalho busca atender a necessidade do preenchimento da lacuna quanto à previsão das alterações hidrológicas antes da sua construção, fazendo-se necessária uma análise prévia através de simulações de tais alterações, como etapa de diagnóstico e prognóstico ainda na fase de projeto.

Para a execução deste tipo de abordagem torna-se necessário conhecer as relações entre as variáveis hidrológicas de projeto, tais como a capacidade de armazenamento, demandas hídricas do reservatório, tipologias do vale e vazões remanescentes sobre os cinco componentes do regime de vazão natural. Isso pode ser feito por meio de metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas existentes, quantificando a sensibilidade às variáveis de projeto (capacidade de armazenamento e demandas, por exemplo).

Espera-se que com o uso de ferramentas adequadas, os projetos de barragens poderão ser melhores avaliados, possibilitando que ações de prevenção, minimização e compensação destes impactos possam ser planejadas.

Com o desenvolvimento desta dissertação três perguntas deverão ser respondidas:

- ✓ Como analisar o grau do impacto das alterações hidrológicas decorrente da implantação de barragens?
- ✓ É possível avaliar e classificar com as metodologias existentes as alterações hidrológicas previamente à implantação das barragens?
- ✓ Como diferentes capacidades de armazenamento do reservatório, demandas hídricas, tipologias do vale e vazões remanescentes influenciam nas alterações hidrológicas?

As hipóteses que deverão ser validadas ou refutadas são:

- ✓ As metodologias existentes são adequadas para avaliar quantitativamente e classificar as alterações hidrológicas decorrentes da implantação de barragens na fase de projeto; e
- ✓ As diferentes capacidades de armazenamento e demandas hídricas atendidas pelo reservatório, tipologias de vale e vazões remanescentes influenciam de modo significativo e distinto os cinco componentes do regime de vazão natural (magnitude, frequência, duração, tempo de ocorrência e taxa de mudança).

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Avaliar as alterações hidrológicas a jusante de barragens por meio da análise de sensibilidade à variação da capacidade de armazenamento, demandas hídricas do reservatório, tipologia do vale e vazão remanescente para diferentes regimes hídricos.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Simular, avaliar e classificar as alterações hidrológicas a jusante de barragens causadas pela variação da capacidade de armazenamento, demandas hídricas do reservatório, tipologia do vale e vazão remanescente para diferentes regimes hídricos; e
- ✓ Avaliar a sensibilidade das alterações hidrológicas frente a diferentes capacidades de armazenamento, demandas hídricas do reservatório, tipologias do vale e vazões remanescentes para diferentes regimes hídricos.

3. BARRAGENS E RESERVATÓRIOS

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, define barragem como “qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas” (BRASIL, 2010).

Algumas definições associam barragens com a hidrologia como as de Poff & Hart (2002) e Bahia (2006). Para Poff & Hart (2002, p. 659) “barragens são estruturas projetadas por humanos para capturar água e modificar a magnitude e tempo do seu movimento à jusante.”

A Resolução CEPRAM Nº 3702/2006 define barragem como “construção transversal a um rio com finalidade de armazenar águas em determinado trecho, controlar o nível das águas, regular o escoamento ou derivar suas águas para canais” (BAHIA, 2006).

As barragens geram um reservatório à montante e algumas das definições para reservatório são: “Um reservatório superficial, ou açude, consiste em uma intervenção do Homem, na natureza com o objetivo de adaptar os padrões das vazões naturais dos rios, aos padrões demandados pela sociedade.” (CAMPOS, 1996, p. 17)

Para a limnologia: “**Os lagos artificiais brasileiros**, formados pelo represamento de rios, recebem diferentes denominações, tais como: represas, **reservatórios**, açudes, etc., que nada mais são que sinônimos, uma vez que estes ecossistemas têm a mesma origem e finalidade.” (ESTEVES, 1998, p. 88, grifo nosso)

Com relação às definições na legislação um reservatório é: “O volume de água acumulado pelo barramento” (BAHIA, 2006) e podendo também ser definido como “acumulação não natural de água, de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos” (BRASIL, 2010).

As definições anteriores não associam uma barragem aos possíveis impactos que esta construção pode causar, por isso sugere-se que as barragens possam

ser apresentadas como: uma estrutura física (barragem ou barramento) criada para atender a usos múltiplos e/ou pontuais relacionados com o ser humano (controle de secas e cheias, abastecimento de água para a população e indústria, irrigação, criação de correntes navegáveis, lazer, piscicultura e geração de hidroeletricidade), que ao ser implantada altera o regime natural do rio e com isso ocasionará impactos ambientais no mesmo à montante e à jusante.

3.1. Características e classificações

As características e classificações comumente descritas das barragens são:

- ✓ Tamanho/ Altura do corpo;
- ✓ Capacidade de armazenamento;
- ✓ Uso e regra de operação;
- ✓ Idade; e
- ✓ Categoria de risco e por dano potencial associado.

3.1.1. Tamanho/ Altura do corpo

Existem várias definições para tamanho de barragens, sendo que uma das mais utilizadas é a da Comissão Internacional de Grandes Barragens, apresentada a seguir. De acordo com a World Commission on Dams (WCD) [2000], a Comissão Internacional de Grandes Barragens considera uma grande barragem aquela que:

- ✓ Possui 15m de altura ou mais desde a fundação; ou
- ✓ Possuir altura entre 5-15m e ter um volume de reservatório de mais de três milhões de metros cúbicos (m³).

Lanna (2009) discorre sobre a relação entre o tamanho da barragem, seu custo financeiro e o custo de escassez de água: “A dimensão ótima para um reservatório deverá ser considerada em função de um compromisso entre o custo de investimento na sua implantação e o custo da escassez de água durante os períodos secos.” (LANNA, 2009, p. 703)

3.1.2. Capacidade de armazenamento

A capacidade de armazenamento e a variação do volume de um reservatório são definidas em função das características morfométricas do relevo. “A relação entre nível da água, área da superfície inundada e volume armazenado de um reservatório é importante para o seu dimensionamento e para a sua operação” (COLLISCHONN & TASSI, 2008).

O volume de armazenamento do reservatório, referente a diferentes tamanhos (alturas) de barragem define a capacidade de regularização do reservatório. Collischonn & Tassi (2008) comentam sobre a relação direta entre a área da superfície com a perda de água por evaporação e que muito dificilmente existe linearidade na relação entre cota e área e cota e volume (por influência das características topográficas da área inundada).

A Resolução nº 143 de 10 de julho de 2012 (BRASIL, 2012), classifica as **barragens para acumulação de água**, quanto ao **volume do seu reservatório** em quatro classes:

- ✓ Pequena: volume $\leq 5 \text{ hm}^3$;
- ✓ Média: $5 \text{ hm}^3 < \text{volume} \leq 75 \text{ hm}^3$;
- ✓ Grande: $75 \text{ hm}^3 < \text{volume} \leq 200 \text{ hm}^3$; e
- ✓ Muito grande: $200 \text{ hm}^3 < \text{volume}$.

3.1.3. Uso e regra de operação

As barragens podem ser construídas para atender um objetivo específico ou usos múltiplos, sendo que usos mais comuns são: controle de secas e cheias; abastecimento de água para a população e indústria; irrigação; criação de vias navegáveis; piscicultura; recreação; e geração de hidroeletricidade;

Para diferentes usos há a construção de diferentes formas de barragem, como a fio d'água e a de regularização ou acumulação. A barragem a fio d'água pode ser definida como uma barragem de rio, que não forma um reservatório com capacidade de armazenamento, e permite que as vazões afluentes imediatamente sigam para jusante. Em geral a barragem a fio d'água busca

elevar o nível da água para facilitar algum tipo de aproveitamento, como por exemplo, a derivação para um sistema de turbinas hidrelétricas ou canal de irrigação.

Enquanto que a barragem de regularização geralmente é construída para evitar que cheias inundem cidades ou para criar correntes navegáveis, e as barragens de acumulação, como o próprio nome diz, acumulam água para atenderem demandas como abastecimento, irrigação ou geração de hidroeletricidade.

A regra de operação de uma barragem está ligada diretamente à demanda que levou esta a ser construída. A demanda pode ter um objetivo específico ou usos múltiplos e cada tipo de demanda conduz a uma forma de operação diferente. O Quadro 1 relaciona o tipo de uso com a descrição de como a barragem precisa ser operada.

Quadro 1: Exemplos de diferentes usos de reservatórios e alguns aspectos operacionais

Tipo de uso	Descrição
Geração de energia hidrelétrica por Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)	Não há necessidade de grandes vazões e, por não ser um uso consuntivo da água, é perfeitamente compatível com as demais utilizações.
Abastecimento urbano	As necessidades para o uso doméstico são menos variáveis durante o ano, porém, geralmente, há uma utilização máxima no verão. É importante manter uma reserva suficiente para o período de seca e, como precaução sanitária, pode ser impedido o uso dos reservatórios para recreação.
Regularização de enchentes	O objetivo fundamental do reservatório, que é totalmente compatível com outros usos da água, é armazenar uma parte das vazões de enchente, minimizando, no local a ser protegido, o pico da cheia.
Irrigação	A demanda é sazonal, possui uma alta demanda de água nos períodos secos e nos períodos de chuva pode não precisar ou reduzir a sua demanda de água.

Fonte: Modificado de Boas, 2006

Em regiões semiáridas onde a principal demanda a ser atendida é o abastecimento humano, Brasil (2005) ressalta a necessidade de uma política de operação do reservatório que atenda a esta demanda e somente o volume excedente (caso exista) seja rateado entre as outras demandas. Nesses casos essa relação poderá causar conflitos entre os usuários da água.

Pringle *et al.* (2000) citam casos onde a operação de hidroelétricas causaram períodos de vazão nula, redução das inundações sazonais, flutuações extremas da vazão a nível diário, aumento da vazão a jusante e atraso no tempo de ocorrência de cheias.

De acordo com o uso e o modo de operação da barragem, impactos diferentes serão gerados. “O plano operacional de uma barragem influencia o tipo de ocorrência, magnitude, frequência e o tempo dos impactos ambientais no ecossistema fluvial.” (POFF & HART, 2002, p. 660)

3.1.4. Idade

Este quesito também é importante, pois “a idade de uma barragem pode afetar custos de reparação estruturais, bem como a magnitude cumulativa da alteração do canal a jusante devido ao acúmulo de sedimentos dentro dos limites da área represada.” (POFF & HART, 2002, p. 660)

Com o passar dos anos o ecossistema tenderá a criar uma nova homeostasia que será diferente da condição inicial. Por exemplo, espécies poderão ser favorecidas em detrimento de outras e passaram a dominar o local, assim como algumas espécies poderão entrar em extinção.

3.1.5. Categoria de risco e dano potencial associado

A classificação dos sistemas de barragens por categoria de risco e por dano potencial associados é um instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), Lei nº 12.334 de 2010.

Esta classificação está descrita na Seção I: “Art.7º As barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).” (BRASIL, 2010)

Em 2012, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) aprovou a Resolução nº 143 de 10 de julho de 2012, que estabeleceu critérios gerais de

classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório.

Os critérios relacionados ao volume foram apresentados na seção 3.1.2, a seguir no (Quadro 2) serão apresentados os critérios relacionados as outras duas classificações.

Quadro 2: Critérios para classificação de barragens de acordo com a Resolução nº 143 de 10 de julho de 2012

Classificação	Critérios
Categoria de risco	I - características técnicas: a) altura do barramento; b) comprimento do coroamento da barragem; c) tipo de barragem quanto ao material de construção; d) tipo de fundação da barragem; e) idade da barragem; f) tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro; II - estado de conservação da barragem: a) confiabilidade das estruturas extravasoras; b) confiabilidade das estruturas de captação; c) eclusa; d) percolação; e) deformações e recalques; f) deterioração dos taludes. III - Plano de Segurança da Barragem: a) existência de documentação de projeto; b) estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem; c) procedimentos de inspeções de segurança e de monitoramento; d) regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem; e e) relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação. (BRASIL, 2012)
Dano potencial associado	I - existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas; II - existência de unidades habitacionais ou equipamentos urbanos ou comunitários; III - existência de infraestrutura ou serviços; IV - existência de equipamentos de serviços públicos essenciais; V - existência de áreas protegidas definidas em legislação; VI - natureza dos rejeitos ou resíduos armazenados; e VII - volume. (BRASIL, 2012)

Fonte: Próprio autor

Além das características e classificações citadas anteriormente, Poff & Hart (2002) sugerem a elaboração de uma nova classificação de barragens que vá além das características de tamanho, propósito operacional e idade, abordando os aspectos ecológicos associados.

A forma de classificação proposta por Poff & Hart (2002) serviria como apoio a ciência da remoção de barragens, conforme a passagem:

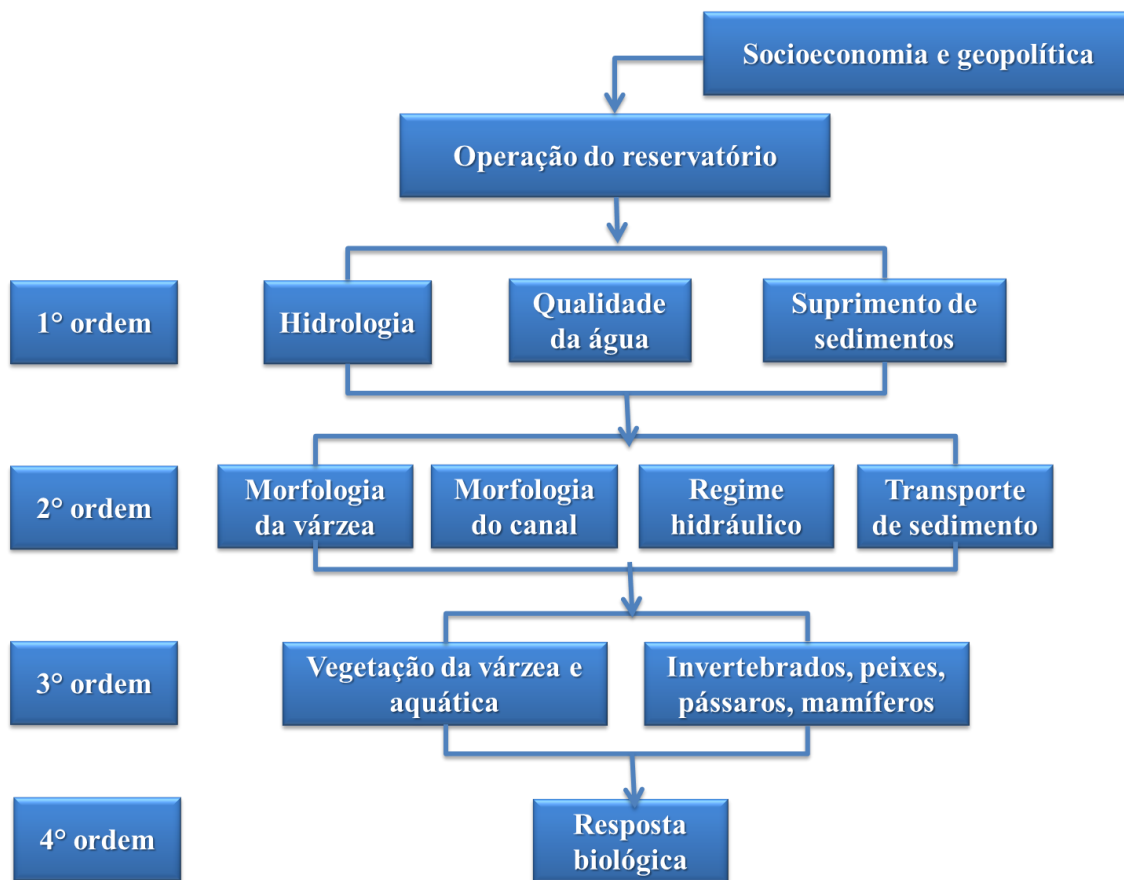
Uma classificação ecológica de barragens é necessária para caracterizar como a tremenda variação de tamanho, modo de operação, idade e número de barragens em uma bacia hidrográfica influenciam o potencial de restauração através da remoção de barragens. (POFF & HART 2002, p. 659)

3.2. Impactos ambientais

A construção e operação de barragens pode causar impactos ambientais a curto, médio, longo prazo, a nível local, regional e global. “Reservatórios interferem com os rios em que são construídos alterando o fluxo e os sistemas terrestres e aquáticos de forma drástica e efetiva” (TUNDISI, 1999, p. 22).

Em decorrência de um barramento poderão ocorrer impactos físicos, químicos e biológicos no rio. Burke *et al.* (2009) apresentam uma hierarquia dos impactos físicos e biológicos causados pela operação de barragens (Figura 1). Os autores classificam os impactos como de primeira, segunda, terceira e quarta ordem, sendo que todos os impactos irão desencadear uma resposta biológica.

Figura 1: Impactos de barragem de primeira, segunda, terceira e quarta ordem em decorrência de barragens



Fonte: Modificado de Burke *et al.*, 2009

Certos impactos causados pela construção de barragem são descritos na literatura (Quadro 3), sendo que alguns destes são:

- ✓ Mudança da dinâmica de nutrientes e sedimentos no curso do rio;
- ✓ Alterações no regime hidrológico do rio e fragmentação do seu canal;
- ✓ Perdas de água por evaporação;
- ✓ Eutrofização;
- ✓ Mudança da vegetação da zona ripária e macrófitas aquáticas;
- ✓ Alterações na reprodução, desenvolvimento de certas espécies a jusante e à montante da barragem;
- ✓ Comprometimento da quantidade e qualidade da água;
- ✓ Emissão de gases do efeito estufa; e
- ✓ Salinização da água.

Quadro 3: Impactos ambientais de barragens descritos na literatura

Autor	Impactos
Vorosmarty <i>et al.</i> , 1997	Deslocamento de grandes populações humanas; Siltação do reservatório; Interferência na migração, ciclo de vida e habitat de organismos aquáticos, incluindo peixes de importância comercial; aumento na ocorrência e severidade de doenças de água parada; Perda de água irrecuperável através da evaporação do reservatório e subterrânea.
Esteves, 1998	<p>A montante: Elevação do lençol freático com efeitos prováveis na agricultura regional (aumento da umidade do solo) e na epidemiologia (criação de brejos com a proliferação de mosquitos e outros insetos transmissores de doenças); Aumento da taxa de sedimentação à montante em seus afluentes; Inundação de áreas florestais ou agrícolas, que podem causar alterações físicas e químicas no meio aquático (alterações do pH e surgimento do gás sulfídrico); Alterações nas possíveis condições de reprodução das espécies aquáticas, devido por exemplos a destruição das lagoas marginais e alterações na qualidade física e química da água; Modificações substanciais nos habitats em torno da represa afetando a fauna e flora silvestres; Aumento, de maneira explosiva, das comunidades de macrófitas aquáticas, principalmente as flutuantes, como <i>Eichhornia crassipes</i>, <i>Salvina spp</i>, <i>Pistia stratiotes</i>; Grande risco de desaparecimento de espécies vegetais e animais raros ou em extinção na área; Profundas modificações na fauna ictiológica; Aumento das possibilidades de ocorrência de processos de eutrofização, principalmente se áreas florestadas ou agrícolas forem submersas;</p> <p>À jusante: alteração no regime hidrológico que passa a ter regime de seca e cheia aperiódico, portanto independente do regime pluviométrico da região e alterações na qualidade física e química da água.</p>
Collier <i>et al.</i> , 2000	Vales inundados e relocação de fazendas; Migração de peixes bloqueada ou interrompida; Um estado tirando água que outro estado irá precisar à jusante; Qualidade da água melhorada ou comprometida; Os leitos e bancos de sedimentos poderão ser erodidos e uma nova sucessão de plantas e animais da zona ripária se mudar para o rio ou vale abaixo da barragem; Peixes nativos poderão morrer ou sofrer estresse.
Rosenberg <i>et al.</i> , 2000	Emissão de gases do efeito estufa (Duchemin <i>et al.</i> , 1995; Kelly <i>et al.</i> , 1997; Rosenberg <i>et al.</i> , 1997); Envelhecimento do escoamento superficial, levando a mudanças biofísicas no rio (Vorosmarty <i>et al.</i> , 1997); Fragmentação do canal do rio (Dynesius e Nilsson, 1994); Destruição do habitat aquático, contribuindo substancialmente para a destruição da pesca, a extinção de espécies e a perda global de serviços do ecossistema, dos quais o homem depende (Postel, 1998).
Poff & Hart, 2002	Alteração do fluxo a jusante da água e do sedimento, que modifica os ciclos biogeoquímicos, bem como a estrutura e dinâmica de habitats aquáticos e ripários; Mudança da temperatura da água, que influencia bioenergética do organismo e taxas vitais; Criação de barreiras ao movimento de organismos e nutrientes a montante e jusante, que dificulta a troca biótica.
Postel & Richter, 2003	Altera o tempo de ocorrência e a quantidade da vazão do rio, temperatura da água, transporte de nutrientes e sedimentos, o reabastecimento do delta; bloqueia a migração de peixes.
Batalla <i>et al.</i> , 2004	Redução da variabilidade da vazão média diária no Rio Ebro, na Espanha, causada por barragens.

Brasil, 2005	Alteração no escoamento da água; Alteração no regime hidrológico; Inundação de grandes áreas; Alteração na qualidade da água; Salinização da água, devido à evaporação; prejuízos a fauna.
Silveira <i>et al.</i> , 2005	(...) reassentamento das populações alagadas e as desapropriações das terras na área de influência do reservatório (ALMEIDA, 1983); Impactos na fauna e flora também são bastante divulgados com a redução de peixes de espécies reofílicas - que necessitam da correnteza - devido à alteração dos ambientes "lóticos" para ambientes "lêntico" (águas semiparadas) nos reservatórios (FISRWG, 1998); As inundações de áreas de flora e de <i>habitat</i> de espécies faunísticas também são impactos que podem ser verificados na ocasião de implantação de uma barragem.
Moyle & Mount, 2007	Causa a homogeneização da vazões do rio que terá como consequência a redução da complexidade do canal do rio, seguida de uma redução da diversidade das estruturas preferidas pelos peixes levando a diminuição da quantidade e espécies de peixes; O autor também comenta sobre a perda de peixes nativos a jusante da barragem.
Stevaux <i>et al.</i> , 2009	As barragens criam fortes perturbações na dinâmica fluvial mudando o ciclo natural do rio e interferindo nos processos de transporte e deposição, juntamente com a redução da biodiversidade através da destruição dos habitats naturais de muitas espécies.

Fonte: Próprio autor

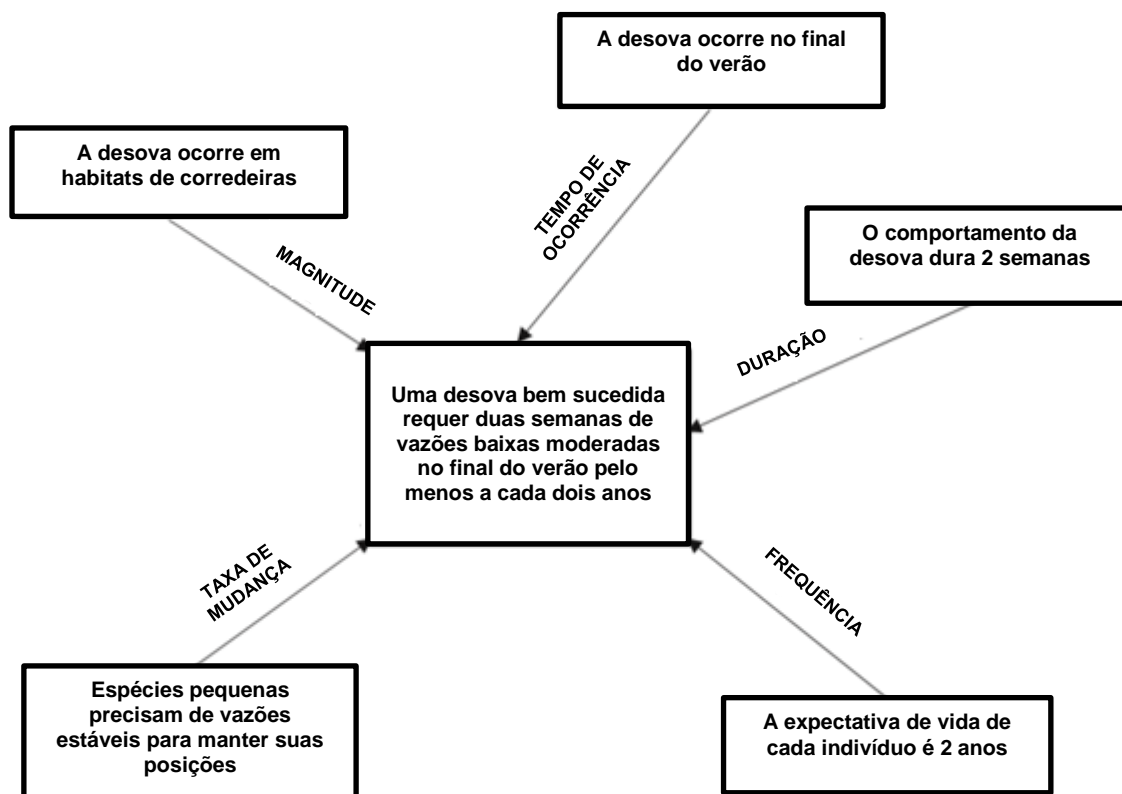
3.3. Impactos hidrológicos

Poff & Zimmerman (2010), analisaram 165 artigos que relacionavam alterações hidrológicas a respostas ecológicas e a maior parte das alterações hidrológicas levantadas (88 artigos) estavam relacionadas a barragens.

Naturalmente o regime hidrológico de um rio costuma variar com o regime de chuvas passando por períodos de secas e cheias, tanto para rios perenes quanto os intermitentes. A biota local desenvolveu adaptações para se adequar a estas alterações e precisa das variações no regime hidrológico para manter seus ciclos de vida.

Mathews & Richter (2007) demonstram essa relação em um exemplo de como a magnitude, duração, frequência, tempo de ocorrência e taxa de mudança das vazões de um rio podem influenciar em uma única fase da vida de uma espécie hipotética, ver Figura 2.

Figura 2: Modelo ecológico conceitual para espécies hipotéticas



Fonte: Mathews & Richter, 2007 (tradução nossa)

A importância dos pulsos de inundação e sua relação com a hidrologia foi tratada por Junk *et al.* (1989). Estes autores discorreram sobre a importância dos pulsos de inundação (previsíveis, imprevisíveis, de curta e longa duração) e o seu papel como força geradora da existência, produtividade e interação da biota aquática dos rios e planícies inundadas. A proposta dos autores é que estes pulsos irão controlar a biota em rios e planícies inundadas, além disso, resgatam a importância da hidrologia nos efeitos que os pulsos têm nestes organismos.

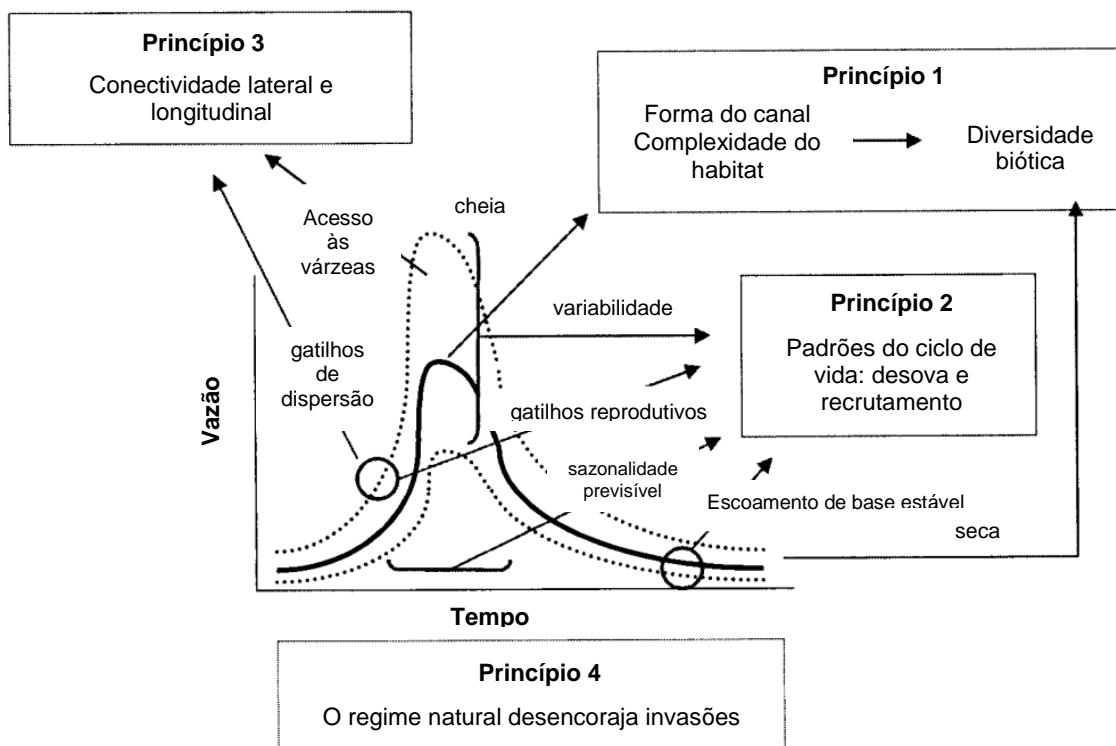
Autores como Bunn & Arthington (2002) também relacionaram vazão com reações da biota e construíram quatro princípios que ilustram a influência e as consequências ecológicas decorrentes das alterações no regime de vazão de um rio ou curso d'água. Os quatro princípios descritos por Bunn & Arthington (2002) são:

1. "A vazão é um dos principais fatores que determinam a forma física do habitat em cursos d'água, que por sua vez é um dos principais determinantes da composição biótica;

2. Espécies aquáticas desenvolveram estratégias de história de vida de cada espécie, principalmente em resposta direta aos regimes de vazão natural;
3. Manutenção dos padrões naturais de conectividade longitudinal e lateral é essencial para a viabilidade das populações de muitas espécies ribeirinhas;
4. A invasão e o sucesso de espécies exóticas e introduzidas nos rios são facilitados pela alteração de regimes de vazão.”

Os quatro princípios relacionados por Bunn & Arthington (2002) e a sua relação com a variação da vazão estão ilustrados na Figura 3.

Figura 3: Biodiversidade aquática e os regimes de vazão natural



Fonte: Bunn & Arthington, 2002 (tradução nossa)

Uma vez que a barragem esteja implantada, o volume de água do rio é controlado e/ou modificado por ela e alterado de diversas formas, tanto em quantidade quanto em qualidade. A biota aquática que havia se estabelecido e criado uma estratégias evolutivas com base naquele regime sofrerá e poderá apresentar respostas negativas como, por exemplo, a extinção da espécie a médio ou longo prazo.

Se a barragem for utilizada para abastecimento, este volume de água não retorna mais naquele trecho do rio ou, às vezes retorna na forma de efluente tratado ou não, apresentando uma qualidade pior do que a que foi retirada do sistema natural e em menor quantidade, devido a perdas no sistema de distribuição de água e outros, o que também afeta a biota aquática do rio.

Um exemplo de consequência das alterações hidrológicas causadas por barragem com relação a rios que desembocam no mar pode ser verificada na seguinte passagem: “O aporte contínuo de água doce aos manguezais, resultante da perenização, poderá ocasionar uma mudança nos parâmetros físico-químicos desses ambientes: salinidade, oxigênio dissolvido, DBO, matéria orgânica e outros.” (BRASIL, 2005, p. 30)

Burke *et al.*, 2009, mostrou que a Barragem Libby modificou significativamente o regime do Rio Kootenai nos Estados Unidos da América. As vazões médias mensais do período de inverno aumentaram, sendo que no período pré-barragem, esta época costumava apresentar baixas vazões.

Magilligan & Nislow (2005), analisaram as mudanças hidrológicas de períodos pré e pós-barragem para 21 locais dos EUA com dados de 30 anos de vazão diária antes e depois da construção das mesmas (com dados de estações à jusante). Neste estudo vários parâmetros hidrológicos sofreram alterações por causa das barragens, sendo o efeito mais consistente na mudança das vazões máximas, redução dos picos de vazão após o barramento, independente do tipo de barragem ou região (foram analisadas regiões climáticas diferentes). De acordo com estes autores:

Locais onde a única função é a geração de energia hidroelétrica ou onde ela é a função dominante em um reservatório de usos múltiplos, tendem a ter o maior número de meses onde o escoamento superficial pós-barragem foi modificado significativamente. Isto é particularmente verdade em regiões como a do semiárido do sudoeste dos Estados Unidos, onde existe uma forte sazonalidade no escoamento superficial sazonal. (MAGILLIGAN & NISLOW, 2005, p. 74)

Ainda quanto aos impactos hidrológicos causados por barragens nos EUA Collier *et al.* (2000) descreveram que:

- ✓ A Barragem Elephant Butte tinha capacidade para armazenar uma média de 3 anos de vazão do rio. Uma consequência do uso desta barragem foi que o escoamento da primavera foi reduzido de 4.400 ft³/s (antes da barragem) para 1.300 ft³/s;
- ✓ No Rio Platte, devido as barragens, os picos de vazões na primavera caíram de 18.000 ft³/s para 2.500 ft³/s entre 1957-70.
- ✓ No Rio Green, a Barragem George alterou o tempo de ocorrência das vazões, sendo que no inverno aumentaram e as inundações da primavera praticamente sumiram.

Batalla *et al.* (2004) estudaram os impactos de barragens no Rio Ebro e seus tributários na Espanha e uma das conclusões que chegaram quanto as alterações hidrológicas foi que a variabilidade da vazão média diária reduziu na maioria dos casos (pelo armazenamento das cheias do inverno e aumento da tomada de água no verão para a irrigação).

Genz & Luz (2009), fizeram uma avaliação das alterações hidrológicas no baixo trecho do Rio São Francisco no Brasil e destacaram uma série de alterações hidrológicas que ocorrem neste trecho devido à implantação e operação de barragens. Algumas delas foram: a eliminação dos pulsos de vazão mínima, aumento das vazões mínimas e redução das vazões máximas.

Stevaux *et al.* (2009) demonstraram que a operação da barragem Porto Primavera, na parte brasileira do Rio Paraná, causou uma diminuição nos picos de altas vazões do rio. Estes picos eram superiores a 15.000 m³/s e às vezes as vazões superavam 20.000 m³/s, após a implantação e operação dessa barragem estes picos passaram a ser menor que 15.000 m³/s, alcançando menos que 10.000 m³/s em 2001 (uma época seca).

4. METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS ALTERAÇÕES HIDROLÓGICAS

Diversos autores criaram, aplicaram e/ou validaram metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas (Richter *et al.*, 1996; Richter *et al.*, 1997; Richter *et al.*, 1998; Black *et al.*, 2000; Eisele *et al.*, 2003; Olden & Poff, 2003; Black *et al.*, 2005; Genz & Luz, 2009; Burke *et al.*, 2009; Ulvi, 2011; Bizzi *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2012; Jeong *et al.*, 2012; Mc Manamay *et al.*, 2012; Zhao *et al.*, 2012; Taylor *et al.*, 2013; Fitzhugh, 2013; Rondon *et al.*, 2013).

Um resumo com as metodologias, os objetivos das aplicações e exemplo de aplicações das metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas em rios é apresentado no Quadro 4.

Todas as metodologias de avaliação e classificação revisadas tem em comum apenas a necessidade do uso de dados de vazão referentes a um período de pré-impacto e um de pós-impacto para executar tais análises. Somente o RVA sugere que seja feito o monitoramento da biota para acompanhamento da redução ou aumento da alteração da vazão.

Apesar de todas utilizarem o mesmo dado como base para avaliar e classificar as alterações hidrológicas algumas metodologias como o IHA obtiveram melhor aceitação pela comunidade acadêmica. Nos tópicos a seguir será apresentado a origem de cada metodologia e alguns estudos de caso onde foram aplicadas.

Quadro 4: Metodologias utilizadas para avaliação e classificação das alterações hidrológicas em rios

Nome	Objetivo	Autor	Local de aplicação
Metodologia de Avaliação			
Indicators of Hydrological Alteration (IHA)	avaliar as alterações hidrológicas em um rio	Richter <i>et al.</i> , 1996	Rio Roanoke, no Carolina do Norte nos Estados Unidos
	avaliar os impactos do homem na hidrodinâmica do escoamento superficial de 22 bacias de meso-escala	Eisele <i>et al.</i> , 2003	Bacias de meso-escala no Sudoeste da Alemanha
	verificar a redundância na escolha de índices hidrológicos para caracterização de regimes de rios	Olden & Poff, 2003	420 locais dos Estados Unidos
	classificar o risco de danos na ecologia do rio	Black <i>et al.</i> , 2005	Rios da Escócia
	avaliar as alterações hidrológicas em um rio	Genz & Luz, 2009	Baixo trecho do Rio São Francisco no Brasil
	avaliar os impactos de primeira ordem (hidrológicos)	Burke <i>et al.</i> , 2009	Barragem de Libby nos Estados Unidos
	análise das alterações hidrológicas em um rio com base na análise da tendência temporal da vazão anual	Yang <i>et al.</i> , 2012	Baixo do Rio Yellow na China
	definiram um índice global de alteração hidrológica que podem ser incluídos em análises multi-objetivo e operação de barragens, para isso utilizaram dentre algumas metodologias disponíveis o IHA para medir as alterações hidrológicas	Bizzi <i>et al.</i> , 2012	Rio Ticino na Itália
	construção de um índice de alterações hidrológica	Mc Manamay <i>et al.</i> , 2012	A região de estudo inclui todos ou parte dos 8 estados do Sudeste dos EUA (Georgia, Kentucky, Maryland, Carolina do Norte, Carolina do Sul, Tennessee, Virginia e West Virginia)
	quantificação das mudanças na saúde dos rios decorrentes da urbanização e das mudanças climáticas	Jeong <i>et al.</i> , 2012	Área com influência antrópica no Texas, Estados Unidos
métrica hidrológica para acessar as condições hidrológicas de um rio	Taylor <i>et al.</i> , 2013	Rio Ohio nos Estados Unidos	

Range of variability approach (RVA)	apresentaram a metodologia e fizeram um estudo de caso em um rio	Richter <i>et al.</i> , 1997	Rio Roanoke, no Norte da Califórnia, Estados Unidos
	avaliar alteração da vazão em um rio	Richter <i>et al.</i> , 1998	Dois principais rios da bacia do Alto do Rio Colorado no estado do Colorado e Utah (Rios Colorado e Green), nos Estados Unidos
	avaliar os impactos do homem na hidrodinâmica do escoamento superficial de 22 bacias de meso-escala	Eisele <i>et al.</i> , 2003	Bacias de meso-escala no Sudoeste da Alemanha
	avaliar o grau de alteração hidrológica em um rio	Zhao <i>et al.</i> , 2012	Rio Lancang na província de Yunnan no continente Asiático.
Aggregate Index of Hydrological Alteration	apresentou sistema de gerenciamento do reservatório capaz de determinar a regras de operação ideais para eventos de cheia, operações normais e atender a demanda ecológica	Dittmann <i>et al.</i> , 2009	Bacia do Rio Weisseritz, localizada na parte baixa das montanhas da Alemanha Oriental e equipada com três reservatórios de usos múltiplos
	avaliar as alterações hidrológicas	Bizzi <i>et al.</i> , 2012	Rio Ticino na Itália
Index of Daily Hydrological Alteration	avaliar as alterações hidrológicas	Bizzi <i>et al.</i> , 2012	Rio Ticino na Itália
Hydrologic Index Tool (HIT)	estudar efeito das alterações hidrológicas em rios	Mc Manamay <i>et al.</i> , 2012	A região de estudo inclui todos ou parte dos 8 estados do Sudeste dos EUA (Georgia, Kentucky, Maryland, Carolina do Norte, Carolina do Sul, Tennessee, Virginia e West Virginia)
Environmental Flow Component (EFC)	estudar efeito das alterações hidrológicas em rios (redução das 171 variáveis do HIT para 40 variáveis, dentre elas 3 foram do EFC)	Mc Manamay <i>et al.</i> , 2012	A região de estudo inclui todos ou parte dos 8 estados do Sudeste dos EUA (Georgia, Kentucky, Maryland, Carolina do Norte, Carolina do Sul, Tennessee, Virginia e West Virginia)
	propor outra abordagem parecida com a metodologia proposta por Black <i>et al.</i> (2005) a ser aplicada com os resultados deste do EFC, ou seja, uma metodologia para analisar e resumir as alterações calculadas pelos parâmetros do EFC	Fitzhugh, 2013	Com base em 66 rios dos Estados Unidos

Metodologia de Classificação			
Range of variability approach (RVA)	avaliação dos impactos da construção de barragens na variabilidade do regime hidrológico de rios	Richter <i>et al.</i> , 1998	Dois principais rios da bacia do Alto do Rio Colorado no estado do Colorado e Utah (Rios Colorado e Green), nos Estados Unidos
	classificar o grau da alteração hidrológica causada por uma barragem em um rio	Rondon <i>et al.</i> , 2013	Rio Paraguaçu no Brasil
Dundee Hydrological Regime Alteration Method (DHRAM)	criaram uma metodologia para avaliar e classificar o grau de alterações humanas em regimes de rios com relação as condições quase naturais ou de referência	Black <i>et al.</i> , 2000	-
	avaliar e classificar o grau de alterações humanas	Black <i>et al.</i> , 2005	Rios na Escócia
	avaliar e classificar o grau de alterações humanas	Ulvi, 2011	Em projetos, principalmente na Suécia
	quantificação das mudanças na saúde dos rios decorrentes da urbanização e das mudanças climáticas	Jeong <i>et al.</i> , 2012	Área com influência antrópica no Texas, Estados Unidos

Fonte: Próprio autor

4.1. Metodologias de avaliação

Nesta seção são apresentadas as seguintes metodologias de avaliação:

- ✓ Indicators of hydrologic alteration (IHA);
- ✓ Range of Variability Approach (RVA);
- ✓ Aggregate Index of Hydrological Alteration (AIHA);
- ✓ Index of Daily Hydrological Alteration (IDHA);
- ✓ Hydrologic Index Tool (HIT); e
- ✓ Environmental Flow Component (EFC).

4.1.1. Indicator of Hydrological Alterations (IHA)

Richter *et al.* (1996) apresentaram o Indicators of Hydrologic Alteration (IHA), em português Indicadores de Alterações Hidrológicas (IHA). A metodologia do IHA ajuda a descrever como os padrões de uso da água de um rio o impactaram, sendo disponibilizada através de um aplicativo gratuito desenvolvido por cientistas da The Nature Conservancy (dentre eles Richter).

O IHA produz uma análise comparativa entre o período pré-impacto e pós-impacto no sistema. Para isto Richter *et al.* (1996) elegeram atributos hidrológicos de relevância ecológica. Estes atributos são: magnitude, frequência, duração, tempo de ocorrência e taxa de mudança da vazão. O Quadro 5 relaciona os 5 grupos do IHA e sua influência no ecossistema.

Richter *et al.* (1996) descrevem a aplicação do método em quatro passos:

1. Definição da série de dados pré e pós-impacto do local de estudo;
2. Cálculo dos valores dos atributos hidrológicos (32 parâmetros). Um conjunto para a série de dados do pré-impacto e outro para a pós;
3. Cálculo da estatística interanual. Produção de 64 estatísticas interanuais para cada série de dados (32 medidas de tendência central e 32 de dispersão); e
4. Cálculo dos valores do IHA. É feita uma comparação das 64 estatísticas entre as séries pré e pós-impacto e cada resultado é apresentado como

uma percentagem do desvio dos dados de um período de tempo (o pós-impacto) relativa à condição anterior.

Quadro 5: Grupos estatísticos do IHA e sua influência no ecossistema

Grupo estatístico do IHA	Influência no ecossistema
Grupo 1: Magnitude das condições de vazão mensais	Disponibilidade de habitat para organismos aquáticos; Disponibilidade de umidade no solo para as plantas; Disponibilidade de água para os animais terrestres; Disponibilidade de alimento/proteção para mamíferos com pelagem espessa; Confiabilidade no abastecimento de água para os animais terrestres; Acesso dos predadores a locais de ninhos; Temperatura da água, os níveis de oxigênio e fotossíntese na coluna de água.
Grupo 2. Magnitude e duração das condições de vazões anuais extremas	Criação de locais para colonização de plantas; Estruturação dos ecossistemas aquáticos por fatores abióticos e bióticos; Estruturação da morfologia do canal do rio e condições físicas do habitat; Estresse hídrico de umidade do solo para as plantas; Desidratação em animais; Estresse anaeróbico em plantas; Volume de trocas de nutrientes entre rios e várzeas; Duração de condições estressantes, como baixos níveis de oxigênio e concentração de produtos químicos no ambiente aquático. Distribuição de comunidades vegetais em lagos, lagoas, várzeas; Duração das altas vazões para eliminação de resíduos, aeração de leitos de desova em sedimentos do canal.
Grupo 3. Tempo de ocorrência das vazões anuais extremas	Sincronia com os ciclos de vida dos organismos; Previsibilidade/ evitabilidade de estresse para os organismos; Acesso a habitats especiais durante a reprodução ou para evitar a predação; Gatilho para desova para peixes migradores/ de piracema.
Grupo 4. Frequência e duração dos pulsos de vazões altas e baixas	Frequência e magnitude do estresse de umidade do solo para as plantas; Frequência e duração do estresse anaeróbico para plantas; Disponibilidade de habitats de várzea para os organismos aquáticos; Trocas de nutrientes e matéria orgânica entre o rio e a planície de inundação; Disponibilidade de minerais no solo; Acesso para as aves aquáticas a alimento, descanso e locais de reprodução; Transporte do leito do rio, textura dos sedimentos do canal e duração dos distúrbios no substrato (altos pulsos).
Grupo 5. Taxa e frequência de mudança no hidrograma	Estresse hídrico sobre plantas; Aprisionamento de organismos em ilhas e várzeas.

Fonte: Adaptado de TNC, 2009

De acordo com Genz & Luz, (2009): “o IHA possibilita destacar mudanças na distribuição temporal das vazões (grupos 1, 2 e 3), além de variações nas características de forma do hidrograma (grupos 4 e 5)“. Estas mudanças são pontos chaves nas avaliações das alterações hidrológicas e por isso esta

metodologia é muito utilizada até hoje para avaliar as alterações hidrológicas decorrente das atividades humanas.

Olden & Poff (2003) fizeram uma análise de 171 índices hidrológicos e observaram que o IHA consegue representar bem as informações contidas nestes 171 índices. Estes autores verificaram a redundância na escolha de índices hidrológicos para caracterização de regimes de rios, utilizando dentre 171 índices o IHA para 420 locais dos Estados Unidos.

4.1.2. Range of Variability Approach (RVA)

Richter *et al.* (1997) apresentaram o Range of Variability Approach (RVA) ou, em português, Método dos Limites de Variação. O objetivo desta metodologia é o desenvolvimento de práticas de gestão dos rios baseadas nas suas vazões, mesmo quando não existe ainda estudo ecológico de longo prazo.

Estas práticas estariam incorporando o que os autores consideram como aspectos importantes a saúde do rio: variabilidade hidrológica das vazões e a integridade do ecossistema do rio. Além disso, eles sugerem que seja aplicada em rios com altas alterações hidrológicas no seu regime.

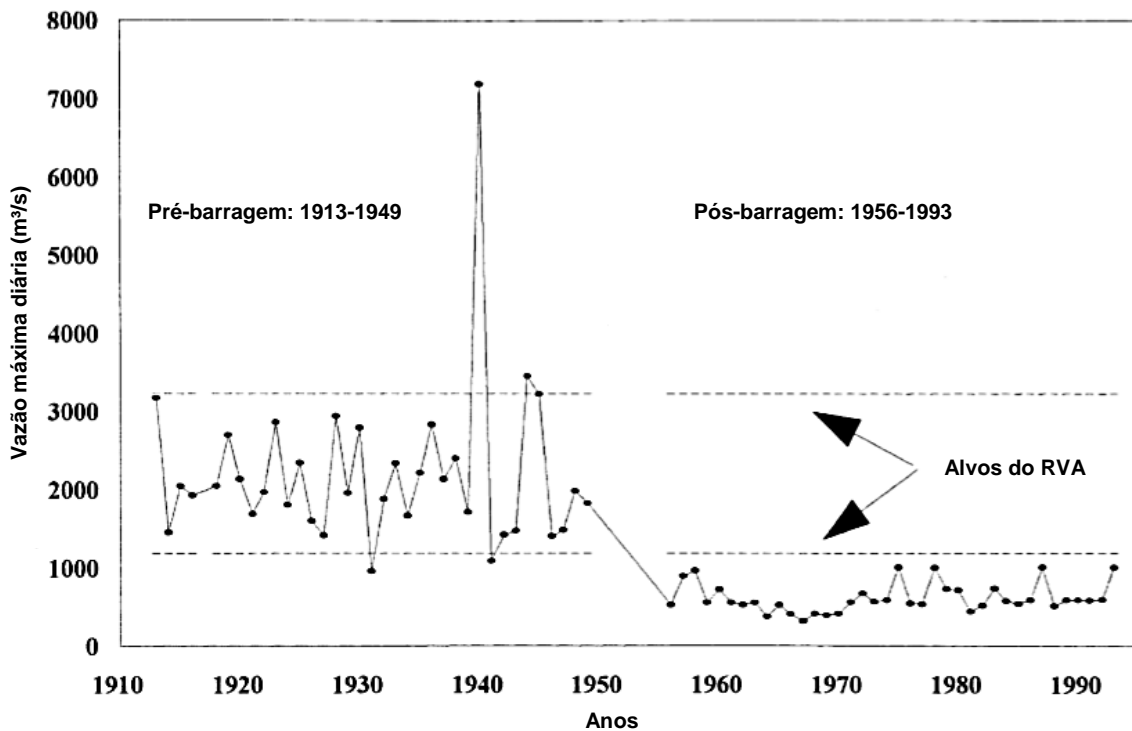
Esta metodologia foi descrita em seis passos:

1. É feita uma caracterização da taxa de variação natural da vazão do rio utilizando o grupo dos 32 parâmetros hidrológicos de relevância ecológica utilizando a metodologia do IHA;
2. Após essa caracterização 32 alvos de gestão são estabelecidos (RVA), um para cada parâmetro do IHA (um exemplo de aplicação do RVA para a vazão máxima diária está na Figura 4);

“A gestão de um rio deve ser feita de uma forma que os valores anuais dos parâmetros do IHA estejam dentro de uma faixa de variação natural para aqueles parâmetros, como definido pelas medidas interanuais de dispersão derivadas do passo 1.”
(Richter *et al.*,1997)

Nesse passo os autores recomendam que na falta de informações ecológicas seja utilizados ± 1 valor do desvio padrão como um padrão opcional para a criação de alvos iniciais do RVA.

Figura 4: Aplicação do método IHA no Rio Roanoke na Carolina do Norte



Fonte: Richter *et al.*, 1997 (tradução nossa)

3. Utilizando os alvos do RVA como base, os gestores criam regras ou um sistema de gestão que permitirá obter as condições estabelecidas;
4. Com o sistema de gestão implantado, começa ou continua o programa de monitoramento e pesquisa ecológica, construído especificamente para avaliar os efeitos das novas práticas;
5. A cada ano as características da variação natural da vazão do rio são novamente avaliadas pelo IHA e é feita uma comparação com os valores do RVA;
6. Os passos anteriores são repetidos novamente, devendo-se incorporar os resultados obtidos nos anos seguintes a implantação do RVA e com isso o programa de monitoramento poderá ser alterado ou os alvos do RVA.

Para ilustrar o funcionamento deste método os autores fizeram um estudo de caso no Rio Roanoke, no Norte da Califórnia, Estados Unidos. Na aplicação muitos alvos do RVA estabelecido não foram atingidos e os autores fizeram recomendações de regras de operação para as barragens desse rio para atender aos alvos estabelecidos no estudo de caso.

Mathews & Richter (2007) apontaram uma série de limitações do uso do RVA, uma delas é o fato dessa metodologia ser muito complexa (é um longo processo seguir os 6 passos da metodologia) e outro é de não ser em tempo real, pois é necessário esperar pelo menos um ano para que se obtenham resultados e possam ser tomadas medidas de melhoria com base neles.

4.1.3. Aggregate Index of Hydrological Alteration (AIHA)

Para avaliar a alteração hidrológica no Rio Ticino, na Itália, Bizzi *et al.* (2012) utilizou dois índices, um deles foi o Aggregate Index of Hydrological Alteration (AIHA), em português, Índice Agregado das Alterações Hidrológicas. De acordo com Bizzi *et al.* (2012) este índice foi sintetizado por Dittmann *et al.* (2009) e é o resultado da seguinte expressão (equação 1):

$$AIHA = \sum_{i=1}^{N_1} w_i \bar{\delta}_i \quad (1)$$

Onde,

w_i é o peso selecionado para cada $\bar{\delta}_i$;

$\bar{\delta}_i$ é a média dos indicadores de alteração.

Para a obtenção do $\bar{\delta}_i$ são aplicadas anteriormente duas equações, a equação (2) e equação (3), onde na equação (2) é calculado o $\delta_{i,j}$ e na equação (3) a média dos indicadores de alteração.

$$\delta_{i,j} = \exp\left(-\frac{(z_{i,j}-m_i)^2}{2s_i^2}\right) \quad (2)$$

Onde,

$z_{i,j}$ é o valor do indicador i no ano do horizonte de simulação j ;

m_i é o valor da média ao longo dos anos dos i indicadores de referência (regime não alterado);

s_i o valor do desvio padrão ao longo dos anos dos i indicadores de referência (regime não alterado);

$\delta_{i,j}$ é a medida de probabilidade de que um aspecto hidrológico medido pelo indicador possa ser extraído pelo mesmo processo que gerou o regime hidrológico da condição de referência.

$$\bar{\delta}_i = \frac{1}{N_y} \sum_{j=1}^{N_y} \delta_{i,j} \quad (3)$$

Onde,

N_y é o número de anos do horizonte de simulação para a condição de pré ou pós impacto;

$\delta_{i,j}$ é a medida de probabilidade de que um aspecto hidrológico medido pelo indicador possa ser extraído pelo mesmo processo que gerou o regime hidrológico da condição de referência.

Para este índice, **quanto maior for a alteração, menor será o valor do indicador**. Em seu estudo Bizzi *et al.* (2012) adotaram diferentes pesos (w_i) para os $\bar{\delta}_i$ (cada grupo do IHA teve o mesmo peso 1/5 e este peso foi dividido dentro dos grupos pelo número de indicadores, por exemplo o Grupo 1, foi 0,2/12).

4.1.4. Index of Daily Hydrological Alteration (IDHA)

Em português, Índice das Alterações Hidrológicas Diárias foi criado por Bizzi *et al.* (2012). O IDHA mede a distância do regime alterado da sua média (média do regime não alterado), ou seja, **quanto menor o valor do IDHA menor a alteração com relação à condição de referência**. A equação que representa esse índice é apresentada a seguir (equação 4):

$$IDHA = \frac{1}{N_d} \sum_{t=1}^{N_d} (q_t - \mu_{k(t)})^2 \quad (4)$$

Onde,

q_t é a vazão média diária (m^3/s) no dia t do horizonte das vazões simuladas para as condições alteradas;

N_d é o número de dias no horizonte da simulação e o dia do ano k é facilmente determinado como uma função do índice do tempo t ;

$\mu_{k(t)}$ é a média do valor da vazão associada a cada dia do(s) ano(s) simulado(s) μ_k ($k=1, \dots, 365$).

Os autores apresentam vantagens e desvantagens no uso deste índice. As vantagens apresentadas por Bizzi *et al.* (2012) foram:

- ✓ É separável e único e elimina o problema de se agregar informações hidrológicas em um único índice onde os pesos adotados para cada variável analisada podem não corresponder ecologicamente a alteração (e somente estatisticamente); e
- ✓ É baseado no conceito de distúrbio intermediário desenvolvido por Connell (1978). Este conceito ressalta a necessidade da ocorrência de perturbações para a manutenção do ecossistema, pois ambientes com distúrbios intermediários tem maior biodiversidade que os com maiores ou menores distúrbios.

As desvantagens:

- ✓ Consegue responder bem a variações de volume no regime da vazão do rio, porém não apresenta o mesmo desempenho para a identificação da alteração do padrão do regime hidrológico; e
- ✓ Uma limitação estrutural, pois seu valor ótimo é zero.

4.1.5. Hydrologic Index Tool (HIT)

O Hydrologic Index Tool (HIT), ou em português, Ferramenta de Índices Hidrológicos, é um software que, de acordo com USGS (2013), está disponível para processar um grupo de múltiplos registros de estações deste órgão dos Estados Unidos para calcular 171 índices hidroecológicos para determinados

períodos de registro escolhido pelo usuário. O HIT permite que o usuário possa (USGS, 2013):

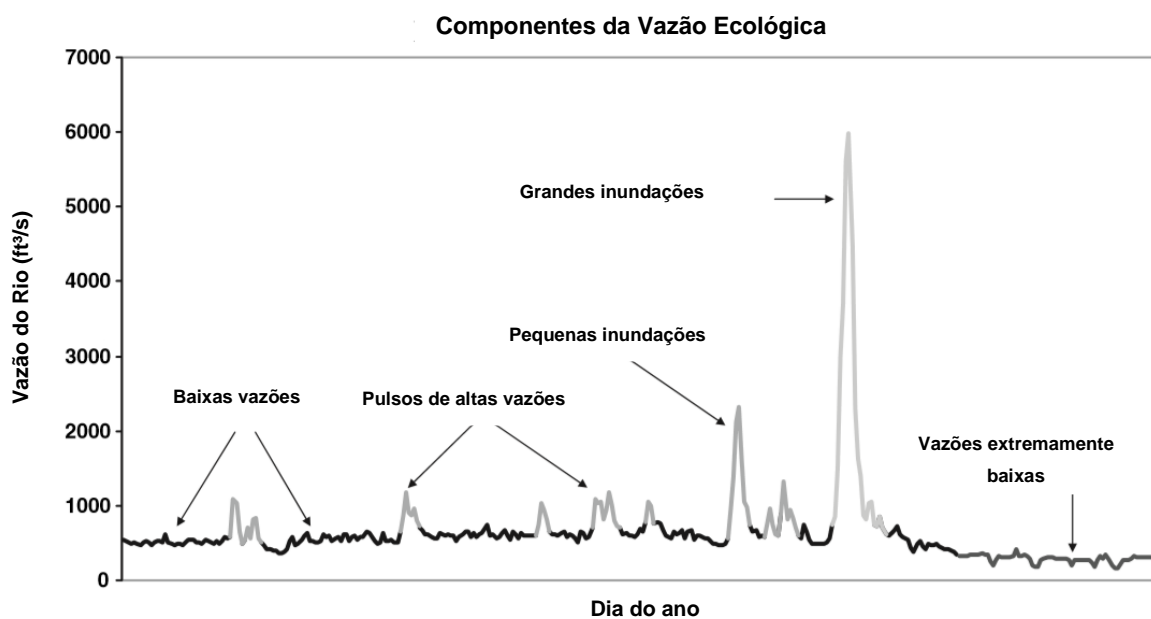
1. Estabelecer uma base hidrológica (período de referência);
2. Estabelecer padrões de vazões ambientais; e
3. Avaliar o passado e propor modificações no regime hidrológico.

4.1.6. *Environmental Flow Component (EFC)*

Mathews & Richter (2007) descrevem o histórico do desenvolvimento do IHA e RVA e os motivos que levaram à adição em 2005 de 34 novos parâmetros ao software do IHA (os parâmetros conhecidos como EFC, em português, Componentes da Vazão Ecológica). Dentre os motivos descritos para a criação do EFC por Mathews & Richter (2007) um deles foi a necessidade de se ter um valor específico que pudesse ser recomendado como vazão ecológica.

Os componentes do EFC giram em torno de cinco componentes principais que são: vazões extremamente baixas, baixas vazões, pulsos de altas vazões, pequenas inundações e grandes inundações (Figura 5).

Figura 5: A nova versão do Software IHA categoriza cada valor da vazão diária em um dos cinco “Componentes da Vazão Ecológica”



Fonte: Mathews & Richter, 2007 (tradução nossa)

Cada componente do EFC, assim como os componentes do IHA, tem uma importância ecológica. Mathews & Richter (2007) citam, como exemplo, a componente grandes inundações e a sua relação com o movimento de quantidades significantes de sedimento e formação de novos habitats.

4.2. Metodologias de classificação

Nesta seção são apresentadas as seguintes metodologias de classificação: Range of Variability Approach (RVA); e Dundee Hydrological Regime Alteration Method (DHRAM).

4.2.1. Range of Variability Approach (RVA)

Além de avaliar as alterações hidrológicas, conforme apresentado anteriormente, esta metodologia também é capaz de classificar tais alterações. Richter *et al.* (1998), demonstram como o RVA pode representar **o grau de alteração hidrológica de um curso d'água**, através de uma fórmula que mensura a distância com relação aos valores definidos como meta do RVA, a resposta é dada em percentagem (equação 5).

$$\text{Grau de alteração hidrológica} = ((\text{Valores observados} - \text{Valores esperados}) / \text{Valores esperados}) * 100 \quad (5)$$

Onde,

Valores observados: a frequência com que os valores anuais do período pós-barragem estão dentro da faixa do RVA estabelecido.

Valores esperados: a frequência com que os valores anuais se situam na faixa do RVA correspondente aos valores pré-barragem.

Com relação à fórmula apresentada, se a frequência observada for igual à esperada **não haverá alteração hidrológica**. Quando positiva, significa que os valores observados estão mais dentro da faixa do RVA do que era esperado, se negativa, que estão fora do esperado.

Richter *et al.* (1998) também propuseram que para mapear as alterações hidrológicas os percentuais de alteração calculados pela equação (5) fossem divididos em três classes iguais com base em uma faixa de 0-100%. Onde:

- ✓ 0-33% representaria pouca ou nenhuma alteração;
- ✓ 34-67% alteração moderada; e
- ✓ 68-100% alteração em grande escala.

4.2.2. Dundee Hydrological Regime Alteration Method (DHRAM)

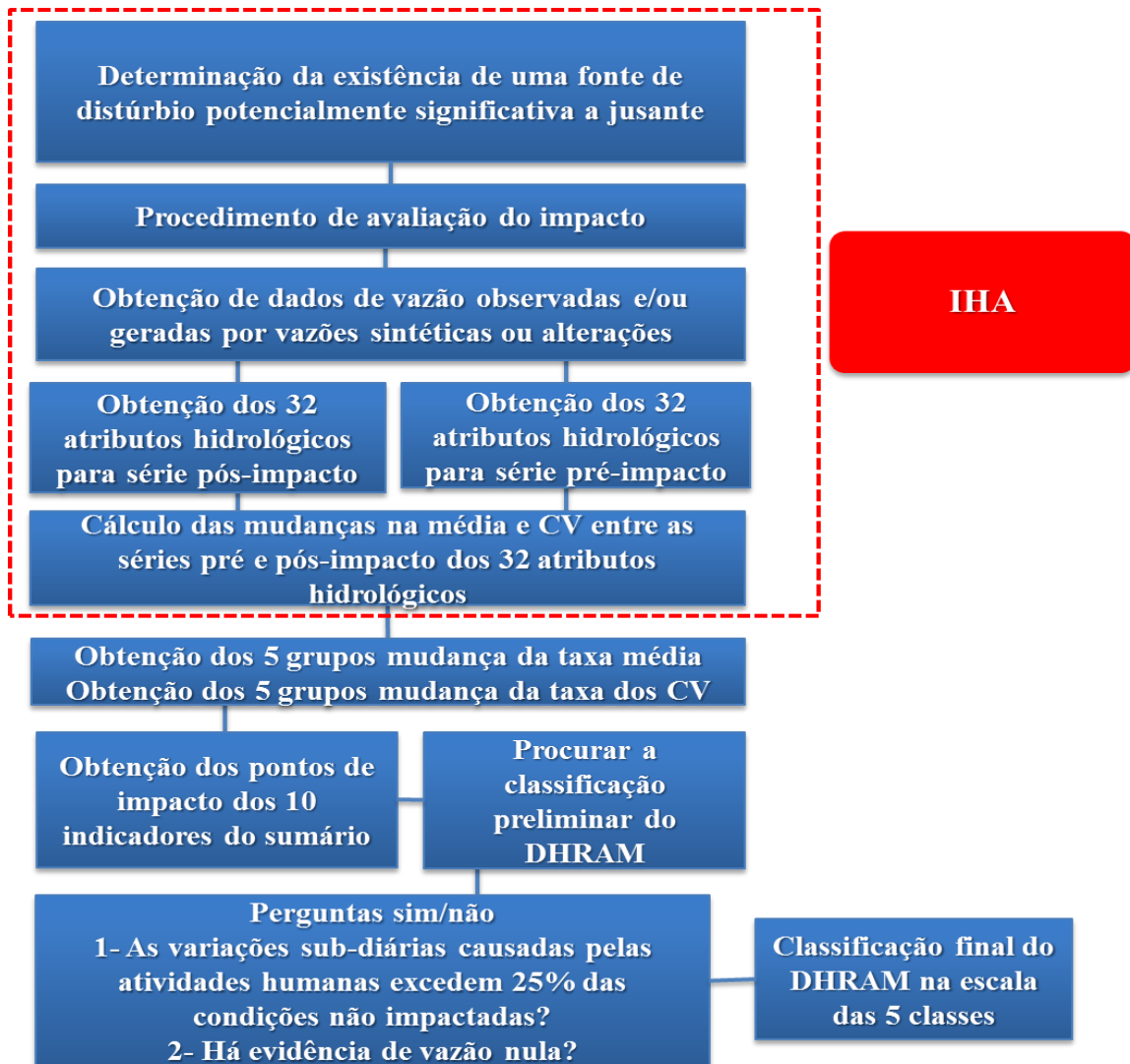
Black *et al.* (2000) desenvolveram um método para avaliar o grau das alterações nos regimes de vazão de rios da Escócia e da Irlanda do Norte relativas a condições quase naturais ou de referência. Os autores afirmam que pode ser utilizado em qualquer país, se os métodos para a geração de vazão requeridas pelo DHRAM estiverem disponíveis.

“Este método utiliza a abordagem do IHA para classificar o risco de danos na ecologia do rio usando um esquema de cinco classes compatíveis com o requerido pela Diretiva Europeia” (Black *et al.*, 2005).

Um dos procedimentos adotados na geração dos valores de referência para cada indicador do sumário dos parâmetros do IHA que são utilizados no DHRAM foi a modelagem de 20 bacias naturais (valores utilizados como referência para os menores pontos de impacto) e 11 impactadas (valores utilizados como referência para os maiores pontos de impacto).

Black *et al.*, (2000) apresentam um fluxograma com a visão geral do uso do DHRAM (Figura 6).

Figura 6: Visão geral do DHRAM



Fonte: Modificado de Black *et al.*, 2000

De acordo com a Figura 6, após o cálculo das estatísticas das séries pré e pós-impacto (conforme os passos do IHA), efetua-se uma avaliação do limiar das mudanças hidrológicas para atribuir pontos de impacto. Esta pontuação é feita com base no porcentagem de mudança da média e do coeficiente de variação (CV) na pontuação do grupo do IHA.

Uma vez obtida a soma de pontos de impacto dos dez indicadores do sumário, uma classificação preliminar é definida com base na soma destes pontos. Os pontos variam de 0 a 30, onde zero pontos – Classe 1 representa uma condição não-impactada e 30 pontos – Classe 5 para condição severamente impactada.

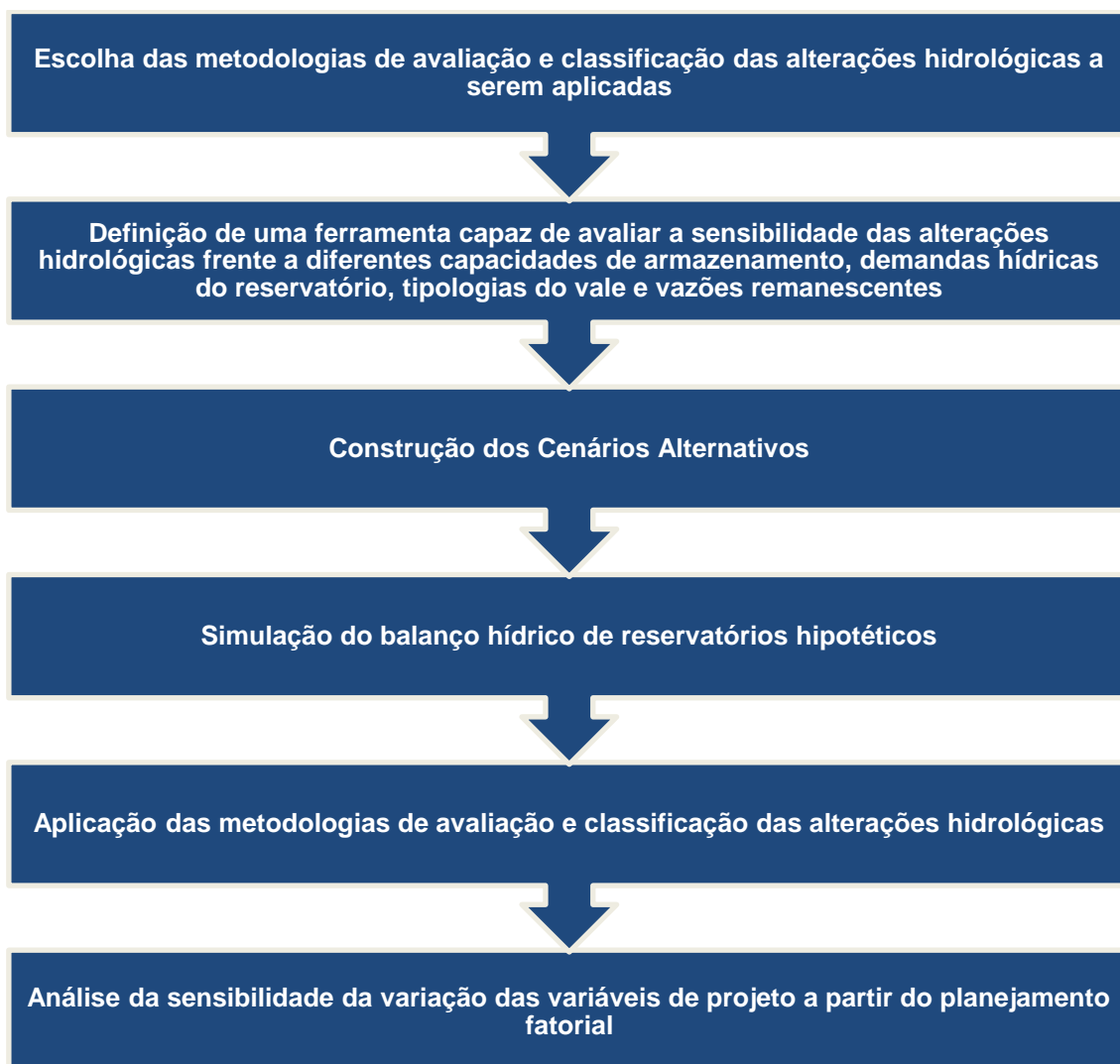
Após uma classificação preliminar, o usuário deve fazer duas perguntas e caso a resposta seja sim deve aumentar mais uma classe.

1. As variações sub-diárias causadas pelas atividades humanas excedem 25% das condições não impactadas (vazões com 95% de permanência)? (Sim = + 1 classe); e
2. Os impactos antropogênicos causam vazão nula? (Sim = + 1 classe).

Quando as classes preliminares forem complementadas com as perguntas de sim/não o usuário poderá utilizar a classificação final do DHRAM.

5. METODOLOGIA

As etapas que foram desenvolvidas para avaliação das alterações hidrológicas a jusante de barragens, por meio de análise de sensibilidade à variação de variáveis de projeto, seguem a seguinte ordem:



5.1. Escolha das metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas a serem aplicadas

No primeiro momento foi realizada uma revisão da literatura como base para caracterizar as alterações hidrológicas a jusante de barragens, bem como para identificar e analisar as metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas.

Para avaliar as alterações hidrológicas optou-se pela metodologia do Indicators of Hydrologic Alteration - IHA (Richter *et al.*, 1996), por ser bastante utilizado em diversos locais do mundo e conseguir representar bem as informações hidrológicas através dos seus índices, conforme demonstrado por Olden & Poff (2003).

Quanto à escolha da metodologia de classificação, o principal critério foi o fato de o Dundee Hydrological Regime Alteration Method - DHRAM (Black *et al.*, 2000) usar os resultados do IHA, além desta metodologia fazer uma classificação do grau de alteração de forma simples, útil e de fácil aplicação ao usuário.

5.2. Definição de uma ferramenta capaz de avaliar a sensibilidade das alterações hidrológicas frente a diferentes capacidades de armazenamento, demandas hídricas do reservatório, tipologias do vale e vazões remanescentes

Após a aplicação das metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas foi necessário identificar uma ferramenta que fosse capaz de avaliar a sensibilidade de tais alterações para diferentes regimes hídricos frente à variação das condições de projeto tais como: capacidade de armazenamento, demanda hídrica do reservatório, tipologia de vale e vazão remanescente. Após uma conversa com um especialista optou-se pelo uso do Planejamento Fatorial.

Berthouex & Brown (2002) citam diversas vantagens da utilização dessa abordagem, entre elas: **muitas variáveis podem ser investigadas utilizando um pequeno número de experimentos e o mais importante, o efeito**

principal de cada fator e o efeito da interação entre os fatores pode ser estimado. Estes autores descreveram quatro objetivos principais do uso da análise fatorial:

1. “Filtrar um conjunto de fatores (variáveis independentes) e descobrir qual/quais produzem um efeito;
2. Estimar a magnitude do efeito produzido pela mudança dos fatores do experimento;
3. Desenvolver um modelo empírico; e
4. Desenvolver um modelo mecanicista.”

O principal motivo da escolha dessa ferramenta foi o fato de através dela ser possível filtrar um conjunto de fatores e descobrir qual/quais produzem um efeito; e estimar a magnitude do efeito produzido pela mudança dos fatores do experimento.

Para utilização da análise fatorial é necessário delimitar o número de fatores (variáveis independentes) que podem influenciar na resposta da variável em estudo, esse número é chamado de k .

Uma vez determinado o k , aplica-se 2^k para a obtenção do número de experimentos que deverão ser feitos no uso do planejamento fatorial completo. “Um planejamento fatorial completo envolve simular ou medir 2^k diferentes condições experimentais que representem todas as combinações dos k fatores nos níveis mais altos e mais baixos que eles poderão variar” (BERTHOUEX & BROWN, 2002).

No nosso caso, devido a limitações do metodologia quanto à variação dos níveis, foram utilizados somente três variáveis de projeto – demanda, tipologia e vazão remanescente ($k = 3$) – para todos os fatores de composição da matriz. As diferentes capacidade de armazenamento (pequena e grande) e regimes hídricos (perene e intermitente) investigados conduziram ao uso de quatro matrizes com 8 experimentos cada (2^k), ao invés de uma só matriz com 32 experimentos.

Sendo as capacidades de armazenamento diferentes, executou-se duas rodadas de 8 simulações (uma para barragens de pequena capacidade de

armazenamento e uma para as de grande). E, por terem sido investigados dois regimes hídricos, esse procedimento foi executado duas vezes, uma vez para o regime perene e outra para o intermitente.

O Quadro 6 apresenta um exemplo de uma matriz para a análise fatorial com oito experimentos (2^3) com os respectivos arranjos dos níveis extremos, mais altos e mais baixos (neste estudo os níveis mais altos e mais baixos foram representados por +1 e -1 respectivamente).

Quadro 6: Matriz do experimento para a análise fatorial 2^3

Número de experimentos	Fatores		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
1	- 1	- 1	- 1
2	- 1	- 1	+ 1
3	+ 1	- 1	- 1
4	+ 1	+ 1	+ 1
5	+ 1	+ 1	- 1
6	- 1	+ 1	+ 1
7	- 1	+ 1	- 1
8	+ 1	- 1	+ 1

Fonte: Próprio autor

5.3. Construção dos Cenários Alternativos

Conforme previsto no planejamento fatorial, foram construídos 32 cenários alternativos para o modelo que fez o balanço hídrico dos reservatórios hipotéticos, sendo que 16 cenários correspondem ao regime de rio perene e 16 ao regime de rio intermitente.

O resultado da saída do balanço hídrico forneceu os dados utilizados nas metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas. Os cenários foram compostos com a variação de quatro variáveis de projeto: a capacidade de armazenamento (chamadas de barragens de pequena e grande capacidade de armazenamento), a demanda hídrica a ser suprida pelo reservatório, a tipologia do vale e a vazão remanescente.

5.3.1. Capacidade de armazenamento

A capacidade de armazenamento é o volume correspondente a 5% e 85% da vazão média anual. Sendo que a vazão média anual utilizada para todos os cenários foi 10 m³/s, valor este que corresponde a vazão média anual do Rio Paraguaçu (a montante da barragem de Apertado com uma área de drenagem 1.086km²) e do Rio Jacuípe (no final do seu curso, antes de desaguar na barragem de Pedra do Cavalo com área de drenagem 11.616km²) simuladas por Genz *et al.* (2011) para o cenário do clima presente.

Estes valores de armazenamento foram escolhidos com vista a simular o efeito de barragens com pequenas e grandes capacidades de armazenamento em dois regimes de rio distintos (um perene e um intermitente), além de seguir as exigências do planejamento fatorial onde é necessário utilizar os extremos.

5.3.2. Demanda hídrica do reservatório

A demanda hídrica do reservatório variou entre *usos consuntivos* (ex. abastecimento de água) e *não consuntivos* (ex. geração de energia), compondo dois arranjos:

- ✓ 100% de uso consuntivo de 80% das vazões regularizadas com 90% de garantia;
- ✓ 100% não consuntivo de 80% das vazões regularizadas com 90% de garantia.

Para todos os cenários a demanda foi considerada constante ao longo do ano.

5.3.3. Vazão remanescente

Quanto aos valores de vazão remanescente foram 5% e 20% das vazões regularizadas com 90% de garantia. A origem desses valores está de acordo com a Instrução Normativa nº 01/2007 do Estado da Bahia. Essa instrução apresenta como critério de outorga que o somatório das vazões a serem outorgadas possua um dos três limites a seguir:

1. 80% (oitenta por cento) da vazão de referência do manancial, estimada com base na vazão de até 90% (noventa por cento) de permanência a nível diário, quando não houver barramento;
2. 80% (oitenta por cento) das vazões regularizadas com 90% (noventa por cento) de garantia, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais perenes;
3. 95% (noventa e cinco por cento) das vazões regularizadas com 90% (noventa por cento) de garantia, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais intermitentes.

Os valores adotados nos cenários contemplam os limites dois e três (5% e 20% das vazões regularizadas com 90% de garantia, respectivamente), pois estes são limites para rios com barramentos.

5.3.4. Tipologia do vale

Quando à definição da forma das tipologias dos vales (formas do fundo do lago criado pelo reservatório) dois fatores foram considerados: K (coeficiente de abertura) e α (coeficiente de forma). A tipologia de vale a que este trabalho se refere é a da bacia hidráulica. A relação do K e α com o volume do açude (capacidade de armazenamento) é dada pela equação a seguir (equação 6):

$$V = KH^\alpha \quad (6)$$

Onde,

V é o volume do açude;

K é o coeficiente de abertura;

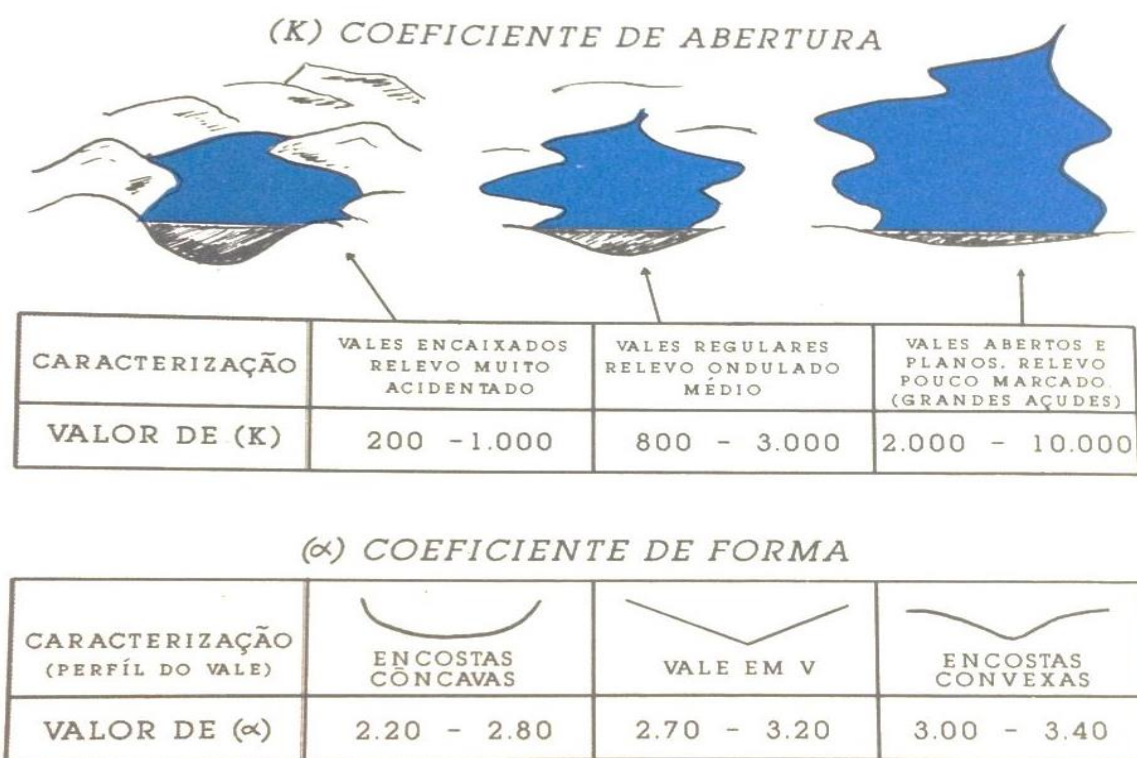
H é a altura da barragem; e

α é o coeficiente de forma.

O valor de K de acordo com Molle & Cadier (1992) pode variar entre 200 e 10.000, sendo que estes valores cobrem vales encaixados, vales regulares e vales abertos e planos. O valor de α costuma variar entre 2,20 a 3,40, representando encostas côncavas, vales em v e encostas convexas. Tanto os valores de K quanto os valores de α podem variar além das faixas

apresentadas em casos extremos. Os respectivos intervalos de cada classe estão na Figura 7.

Figura 7: Significado dos coeficientes geométricos k e α

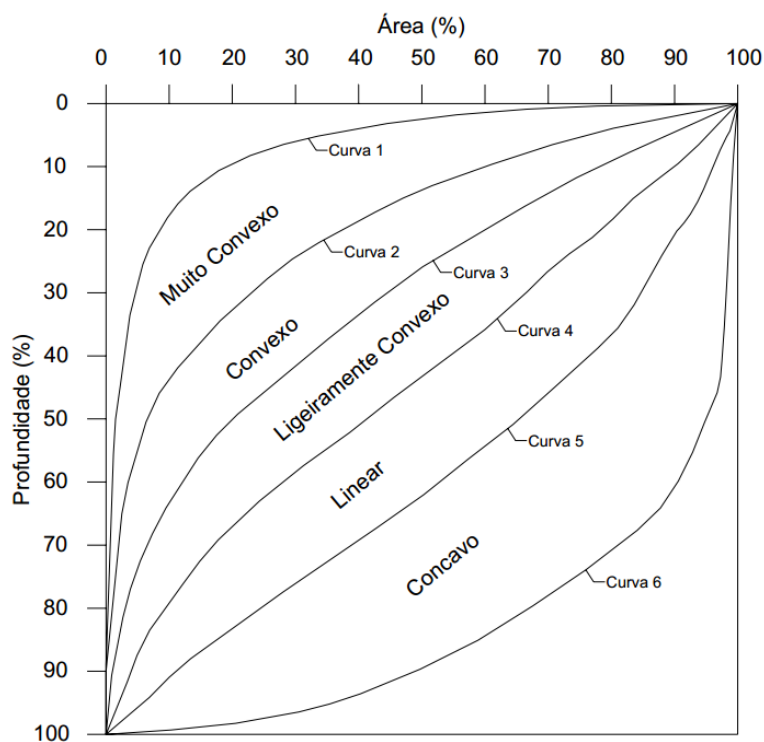


Fonte: Molle & Cadier, 1992

Para este trabalho, os valores de K (coeficiente de abertura) foram escolhidos com base nos coeficientes apresentados por Molle & Cadier (1992) para vales encaixados e vales abertos. Para vales encaixados foi feita a média entre 200 e 1000 (valores extremos desse coeficiente nessa classe) resultando no valor de um K de 600. Para vales abertos não foi feita uma média, o valor adotado foi o maior extremo 10000 a fim de atender aos requisitos planejamento fatorial.

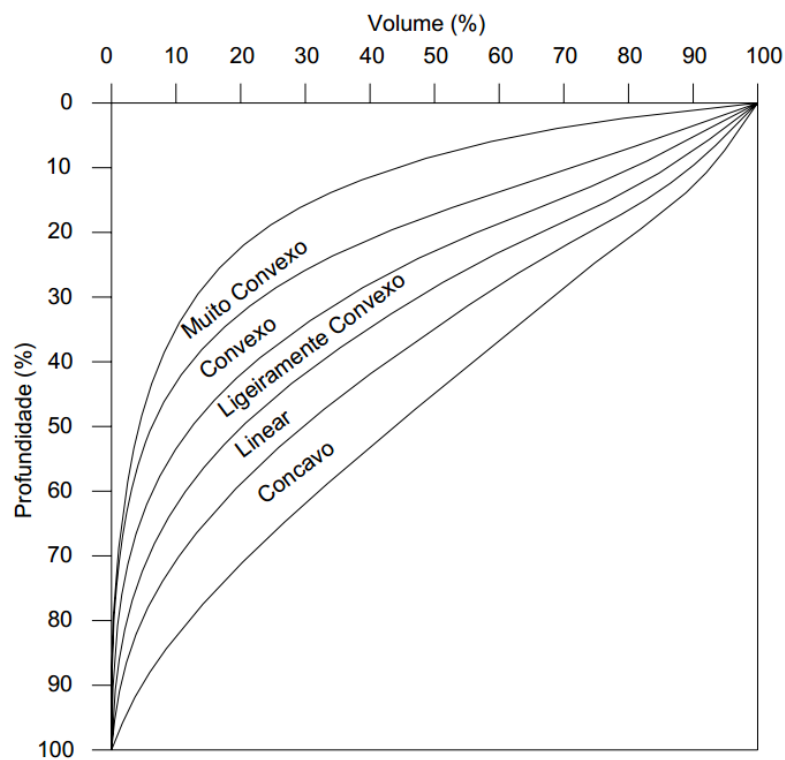
O valor de α (coeficiente de forma) foi definido com base no estudo de reservatórios desenvolvido por Campos (2006) para açudes do Ceará e em uma aplicação de sua metodologia para reservatórios existentes no Estado da Bahia. Campos (2006) fez uma adaptação da classificação de reservatórios criada por Håkanson (1981) onde ao invés de utilizar curvas hipsográficas de área-profundidade (Figura 8) o autor utilizou as curvas cota-volume (Figura 9), que ele adaptou para determinar as formas dos lagos dos reservatórios.

Figura 8: Determinação da forma de um lago



Fonte: Sperling, 1999 *apud* Campos, 2006

Figura 9: Curvas para a classificação das formas dos reservatórios a partir das curvas hipsográficas cota-volume (adaptado de Håkanson)



Fonte: Campos, 2006

O autor fez esta adaptação pelo fato da maior parte dos dados que ele possuía das barragens do Ceará serem apenas das curvas cota-volume. Assim como Campos (2006), passamos pelo mesmo problema e adotamos sua metodologia para conhecer e determinar as formas dos lagos formados pelos reservatórios da Bahia.

Foram selecionadas 11 barragens da Bahia cujas curvas cota-volume eram conhecidas (Bandeira de Melo, Ponto Novo, França, Pindobaçu, Pedras Altas, Apertado, SJ Jacuípe, Ipitanga I, Joanes II, Santa Helena e Catolé). Em seguida foi necessário converter os valores das curvas em percentagem.

Após transformá-los em percentagem, os valores de cota foram transformados em profundidade. Os percentuais de profundidade *versus* volume foram plotados em um gráfico juntamente com as curvas para a classificação das formas dos reservatórios apresentadas por Campos (2006).

Em seguida foi possível fazer uma classificação final da forma do lago das 11 barragens. Com base neste resultado foi adotado o valor de α (coeficiente de forma) como 3,2. Este valor de acordo com Molle & Cadier (1992) é o extremo dos vales em v (vales lineares) e o ponto médio dos vales convexos.

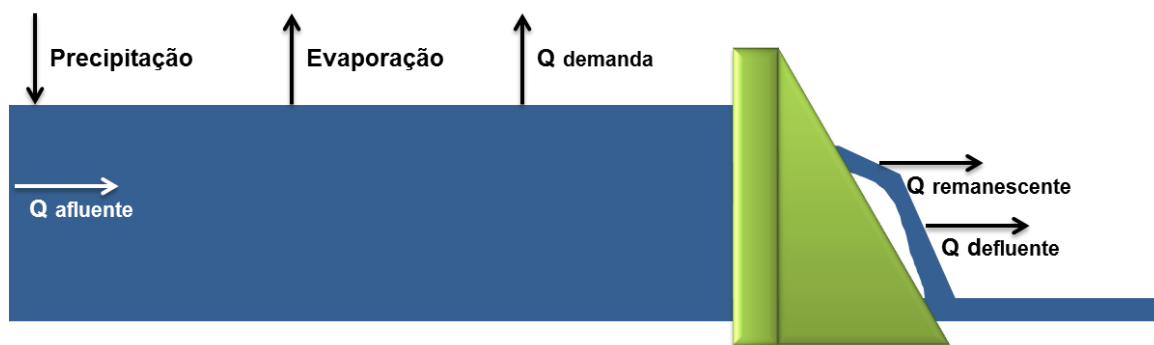
Uma vez fixado o valor de α como 3,2, escolhidos dois valores para K (600 e 10000) e de posse do volume correspondente a 5% e 85% da vazão média anual, aplicou-se a equação (6) para cálculo das respectivas alturas máximas das 32 barragens hipotéticas e suas respectivas curvas cota-volume.

5.4. Simulação do balanço hídrico de reservatórios hipotéticos

Após a definição dos 32 cenários, a simulação do balanço hídrico dos seus respectivos reservatórios hipotéticos foi feita com o modelo *Water Evaluation and Planning System (WEAP)*. Este modelo foi criado em 1988 e de acordo com o Stockholm Environment Institute (2013), o objetivo deste modelo é: “ser uma ferramenta de planejamento flexível, integrada e transparente para avaliar a sustentabilidade da demanda de água atual, os padrões de oferta e explorar cenários alternativos de longo alcance.”

O balanço hídrico de um reservatório nada mais é do que contabilização da água armazenada, considerando o que entra menos o que sai no reservatório. As entradas correspondem às vazões que entram no reservatório, chamadas de vazões afluentes, e a precipitação sobre o mesmo, e as saídas do sistema podem ser: evaporação, demanda, vazão remanescente e vazão defluente. De acordo com as características de projeto da barragem e do clima do local onde foi implantada a perda de água por evaporação poderá ser maior ou menor no sistema. Além disso, conforme a regra de operação do reservatório a vazão defluente poderá ou não ser igual a vazão remanescente. A Figura 10 ilustra esse funcionamento.

Figura 10: Fluxograma de funcionamento de uma barragem



Fonte: Próprio autor

O modelo WEAP requer a coleta e/ou definição de outros dados de entrada para a simulação. Os dados de entrada e suas respectivas fontes estão relacionados abaixo:

- ✓ *Vazões afluentes diárias*: Representando as condições de rio perene foram utilizados 29 anos de dados de vazões do rio Paraguaçu afluentes à Barragem de Apertado; e representando as condições de rio intermitente foram utilizados 27 anos das vazões do rio Jacuípe afluentes à Barragem de Pedra do Cavallo; ambas as séries foram geradas no Modelo Hidrológico de Grandes Bacias (MGB) por Genz *et al.* (2011), para o cenário do clima presente;
- ✓ *Capacidade de armazenamento do reservatório*: Para os dois regimes, deriva das curvas cota-volume geradas para as barragens de pequena e grande capacidade de armazenamento;

- ✓ *Capacidade inicial do reservatório:* Foram utilizados os volumes máximos dos reservatórios para os dois regimes, estes valores derivaram de suas respectivas curvas cota-volume geradas para as barragens de pequena e grande capacidade de armazenamento;
- ✓ *Curva cota-volume do reservatório:* Para os dois regimes foram criadas somente duas curvas cota-volume para barragens de pequena capacidade de armazenamento e duas para barragens de grande capacidade de armazenamento (com o coeficiente de abertura $K=600$ e $K=10000$, $\alpha = 3,2$). Estas curvas estão no Apêndice A;
- ✓ *Evaporação líquida:* Silva (2012) calculou a taxa de evaporação líquida para a região estudada (Rio Paraguaçu) pelo método Penman, a qual será utilizada neste trabalho; para o regime do Rio Jacuípe foi necessário subtrair da precipitação da estação Jaguara no Município de Feira de Santana do estado da Bahia da taxa de evaporação média mensal do reservatório de Pedra do Cavalo calculada por Silva (2012).
- ✓ *Dados de operação do reservatório (volume morto):* em todos os cenários o volume morto foi calculado como sendo 10% da capacidade máxima do reservatório;
- ✓ *Demanda:* Inicialmente, para todas as duas capacidades dos reservatórios dos dois regimes hidrológicos, foi determinada a vazão regularizada com 90% de garantia. Uma vez determinado este valor, demandas de todos os cenários foram calculadas como os valores que representavam 80% das vazões regularizadas com 90% de garantia;
- ✓ *Percentual da demanda consumida:* 100% (para demanda consuntiva) e 0% (para demanda não consuntiva);
- ✓ *Prioridade de atendimento:* A prioridade poderia variar de 1 a 99, onde 1 representa uma alta prioridade e 99 prioridade mais baixa. Para as demandas (demanda consuntiva e não consuntiva) e para o atendimento a vazão remanescente a prioridade utilizada foi 1. Para o enchimento do reservatório a prioridade estabelecida foi de 99.
- ✓ *Vazão remanescente:* Para os dois regimes seu cálculo foi feito com base nas vazões regularizadas com 90% de garantia, retirando 5 ou 20% deste valor e alocando-o como vazão remanescente;

- ✓ *Link de retorno*: para os cenários de uso não consuntivo da água, onde havia retorno da vazão, foi criado um *link* após a barragem e antes da vazão remanescente;
- ✓ *Percentual de vazão que retorna ao rio*: para os cenários de uso não consuntivo da água, onde havia *link* de retorno, o percentual da vazão que retornou ao rio foi de 100%.

As simulações dos balanços hídricos dos reservatórios hipotéticos geram como dado de saída as vazões defluentes para cada cenário alternativo, totalizando 32 séries de vazões diárias (16 para o regime perene e 16 para o regime intermitente). A descrição do uso destas séries será detalhada no tópico a seguir.

5.5. Aplicação das metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas

Para a aplicação de tais metodologias era necessário definir uma condição de referência representando o período pré-impacto (regime não alterado) e o pós-impacto (regime alterado). Os dados de saída gerados na simulação (vazão defluente dos reservatórios nos diferentes cenários) e os dados de vazão afluente foram utilizados como base para uma avaliação e classificação entre o período pré-impacto e pós-impacto no rio causado pelas barragens hipotéticas.

Para representar o período pré-impacto (regime não alterado) foram utilizadas duas séries temporais de vazão:

- ✓ Uma série de vazão de 29 anos do regime do Rio Paraguaçu representando o regime de um rio perene; e
- ✓ Uma série de vazão de 27 anos do regime do Rio Jacuípe representando o regime de um rio intermitente.

Para representar o período pós-impacto (regime alterado) foram geradas trinta e duas séries temporais de vazão no WEAP:

- ✓ 16 séries de vazão de 29 anos para o regime do Rio Paraguaçu após a operação da barragem com as regras estabelecidas para os diferentes cenários representando o regime de um rio perene; e

- ✓ 16 séries de vazão de 27 anos para o regime do Rio Jacuípe após a operação da barragem com as regras estabelecidas para os diferentes cenários representando o regime de um intermitente.

Uma vez definidas estas séries de vazões foram aplicadas as metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas, IHA e DHRAM respectivamente.

5.5.1. IHA

Para a aplicação do IHA foram seguidos os seguintes passos:

1. Toma-se as séries de dados de vazão referentes ao pré e pós-impacto de dado cenário.
2. Cálculo dos valores dos atributos hidrológicos (32 parâmetros, ver Quadro 7). Um conjunto para a série de dados do pré-impacto e outro para a pós.
3. Cálculo da estatística interanual. Produção de 64 estatísticas interanuais para cada série de dados (32 medidas de tendência central e 32 de dispersão).
4. Cálculo dos valores do IHA. É feita uma comparação das 64 estatísticas entre as séries pré e pós-impacto e cada resultado é apresentado como uma percentagem do desvio do parâmetro hidrológico referente à série pós-impacto.

Uma vez definidas as condições de pré e pós impacto (Passo 1) conforme descrito no item 5.5. os passos 2, 3 e 4 foram calculados pelo *software Indicators of Hydrologic Alteration Versão 7.1* da The Nature Conservancy.

A unidade de vazão utilizada para todos os cenários foi metros cúbicos por segundo (m^3/s), a forma de análise dos dados escolhida foi comparar dois períodos, embora na realidade sejam as vazões afluentes e defluentes do reservatório, sendo adotada a estatística do tipo paramétrica, que é utilizada para a classificação com o DHRAM.

Quadro 7: Sumário dos parâmetros hidrológicos usados pelo método do IHA

Grupo estatístico do IHA	Característica do Regime	Parâmetros hidrológicos
Grupo 1: Magnitude das condições de vazão mensais	Magnitude Tempo de ocorrência	1-12. Valor médio para cada mês do calendário
Grupo 2. Magnitude e duração das condições de vazões anuais extremas	Magnitude Duração	13. Vazão máxima diária 14. Vazão mínima diária 15. Vazão máxima de 3 dias 16. Vazão mínima de 3 dias 17. Vazão máxima de 7 dias 18. Vazão mínima de 7 dias 19. Vazão máxima de 30 dias 20. Vazão mínima de 30 dias 21. Vazão máxima de 90 dias 22. Vazão mínima de 90 dias 23. Número de dias com vazão nula
Grupo 3. Tempo de ocorrência das vazões anuais extremas	Tempo de ocorrência	24. Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual 25. Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual
Grupo 4. Frequência e duração dos pulsos de vazões máximas e mínimas	Magnitude Frequência Duração	26. Número pulsos de máxima em cada ano 27. Número pulsos de mínima em cada ano 28. Duração média do pulso de máxima anual (dias) 29. Duração média do pulso de mínima anual (dias)
Grupo 5. Taxa e frequência de mudança no hidrograma	Taxa/ Frequência de mudanças no hidrograma	30. Taxa de ascensão 31. Taxa de recessão 32. Número de reversões

Fonte: Adaptado de TNC, 2009

5.5.2. DHRAM

Após o cálculo dos valores do IHA, o software *Indicators of Hydrologic Alteration* gera uma planilha com os resultados das 64 estatísticas entre as séries pré e pós-impacto para cada cenários e estes valores serviram de base para:

- ✓ Cálculo da mudança absoluta e o percentual de mudança das médias e coeficientes de variação de cada um dos índices dos grupos do IHA; e
- ✓ Cálculo das médias dos percentuais de mudança de cada grupo do IHA.

O cálculo da mudança absoluta e percentual de mudança foi feito no *software Excel* utilizando a equação 7.

$$\text{Percentual de mudança} = \frac{X_{\text{pós}} - X_{\text{pré}}}{X_{\text{pré}}} (100) \quad (7)$$

Onde,

$X_{\text{pós}}$: são os valores das médias e coeficientes de variação do período pós impacto; e

$X_{\text{pré}}$: são os valores das médias e coeficientes de variação do período pré-impacto.

De posse dos valores médios de cada grupo, avançamos a próxima etapa que é a definição do número de pontos de impacto de acordo com o Quadro 8. Estes pontos variam de 0 a 3 e serão definidos conforme o resultado encontrado no cálculo do percentual de mudança para cada Média e CV dos cinco grupos do IHA.

Quadro 8: Limiar das mudanças hidrológicas usado para atribuição dos pontos de impacto

Grupos do IHA	Sumário dos indicadores do IHA	% de mudança na pontuação do grupo do IHA			
		Nenhuma alteração (0 pontos de impacto)	Limiar baixo (1 ponto de impacto)	Limiar intermediário (2 pontos de impacto)	Limiar alto (3 pontos de impacto)
Grupo 1: Magnitude das condições de vazão mensais	1a (Médias Grupo 1)	< 19,9	≥ 19,9	≥ 43,7	≥ 67,5
	1b (CVs Grupo 1)	< 29,4	≥ 29,4	≥ 97,6	≥ 165,7
Grupo 2. Magnitude e duração das condições de vazões anuais extremas	2a (Médias Grupo 2)	< 42,9	≥ 42,9	≥ 88,2	≥ 133,4
	2b (CVs Grupo 2)	< 84,5	≥ 84,5	≥ 122,7	≥ 160,8
Grupo 3. Tempo de ocorrência das vazões anuais extremas	3a (Médias Grupo 1)	< 7,0	≥ 7,0	≥ 21,2	≥ 35,5
	3b (CVs Grupo 3)	< 33,4	≥ 33,4	≥ 50,3	≥ 67,3
Grupo 4. Frequência e duração dos pulsos de vazões altas e baixas	4a (Médias Grupo 1)	< 36,4	≥ 36,4	≥ 65,1	≥ 93,8
	4b (CVs Grupo 4)	< 30,5	≥ 30,5	≥ 76,1	≥ 121,6
Grupo 5. Taxa e frequência de mudança no hidrograma	5a (Médias Grupo 1)	< 46,0	≥ 46,0	≥ 82,7	≥ 119,4
	5b (CVs Grupo 5)	< 49,1	≥ 49,1	≥ 79,9	≥ 110,6

Fonte: Modificado de Black *et al.*, 2005

Apesar de Black *et al.* (2005) afirmar que tais limiares são aplicáveis em qualquer parte do mundo, existe a possibilidade de não serem nos regimes adotados neste trabalho (de país tropical), porém optou-se por testá-los admitindo que são válidos. Uma vez atribuídos os pontos de impacto, estes são somados e uma classificação preliminar definida com base nesta soma, seguindo as classes apresentadas no Quadro 9 de acordo com os respectivos pontos de impacto.

Quadro 9: Definição das Classes do DHRAM

Classificação dos pontos		
Classe	Faixa de pontos	Descrição
1	0	Condição não- impactada
2	1-4	Baixo risco de impacto
3	5-10	Risco moderado de impacto
4	11-20	Alto risco de impacto
5	21-30	Condição severamente impactada

Fonte: Black *et al.*, 2005 (tradução nossa)

Após fazer uma classificação preliminar, o método exige que sejam feitas duas perguntas, que poderão elevar mais uma classe de impacto caso a resposta seja sim: 1. As variações sub-diárias causadas pelas atividades humanas excedem 25% das condições não impactadas (vazões com 95% de permanência)? (Sim = + 1 classe); e 2. Os impactos antropogênicos causam vazão nula? (Sim = + 1 classe).

5.6. Análise da sensibilidade da variação das variáveis de projeto a partir do planejamento fatorial

Com base nos resultados obtidos pelas diferentes metodologias em função da variação da capacidade de armazenamento, demanda hídrica do reservatório, tipologia do vale e vazão remanescente, foi feita a análise de sensibilidade de sua variação através da utilização do planejamento fatorial. Todas as etapas do planejamento fatorial, incluindo o cálculo do efeito principal de cada fator, o

efeito da interação entre os fatores e a geração de gráficos do efeito principal foram executados no software *Minitab Statistical Software* Versão 14. As combinações que foram utilizadas nos experimentos está no Quadro 10.

Quadro 10: Combinações finais dos experimentos que serviram como base na análise fatorial para cada regime hídrico e capacidades de armazenamento.

Experimento	Demanda	Tipologia	Vazão Remanescente
1	Demanda não consuntiva	Vale encaixado	5% da vazão com 90% de garantia
2	Demanda não consuntiva	Vale encaixado	20% da vazão com 90% de garantia
3	Demanda consuntiva	Vale encaixado	5% da vazão com 90% de garantia
4	Demanda consuntiva	Vale aberto	20% da vazão com 90% de garantia
5	Demanda consuntiva	Vale aberto	5% da vazão com 90% de garantia
6	Demanda não consuntiva	Vale aberto	20% da vazão com 90% de garantia
7	Demanda não consuntiva	Vale aberto	5% da vazão com 90% de garantia
8	Demanda consuntiva	Vale encaixado	20% da vazão com 90% de garantia

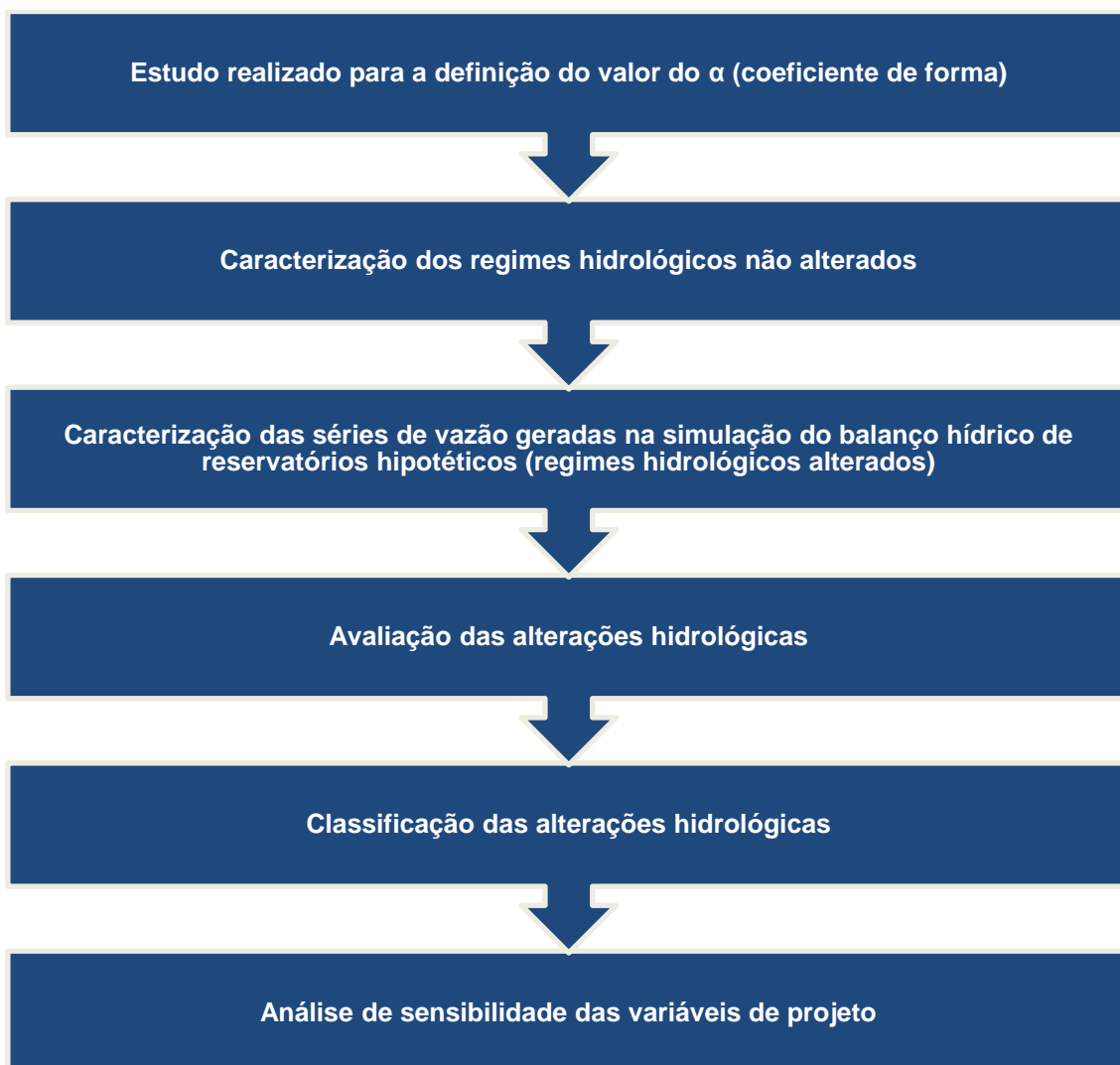
Fonte: Próprio autor

Para avaliar como diferentes capacidades de armazenamento do reservatório, demandas hídricas, tipologias do vale e vazões remanescentes (variáveis de projeto) influenciam nas alterações hidrológicas e estimar a magnitude do efeito produzido pela mudança destas variáveis foram utilizados os pontos de impacto do DHRAM na construção de quatro matrizes, sendo duas para cada regime onde foram analisadas as influências nas pequenas e grandes capacidades de armazenamento.

No caso da avaliação de como as variáveis de projeto influenciam os cinco componentes do regime de vazão natural, tal como estimar a magnitude do efeito produzido pela mudança destas variáveis, foram utilizadas as médias dos percentuais de mudança de cada grupo do IHA calculados no DHRAM, resultando na construção de vinte matrizes. Sendo que são dez matrizes para cada regime, pelo fato do IHA possuir 5 grupos, foram cinco de pequenas capacidades de armazenamento e cinco de grande, ou seja, um matriz para cada grupo do IHA.

6. RESULTADOS

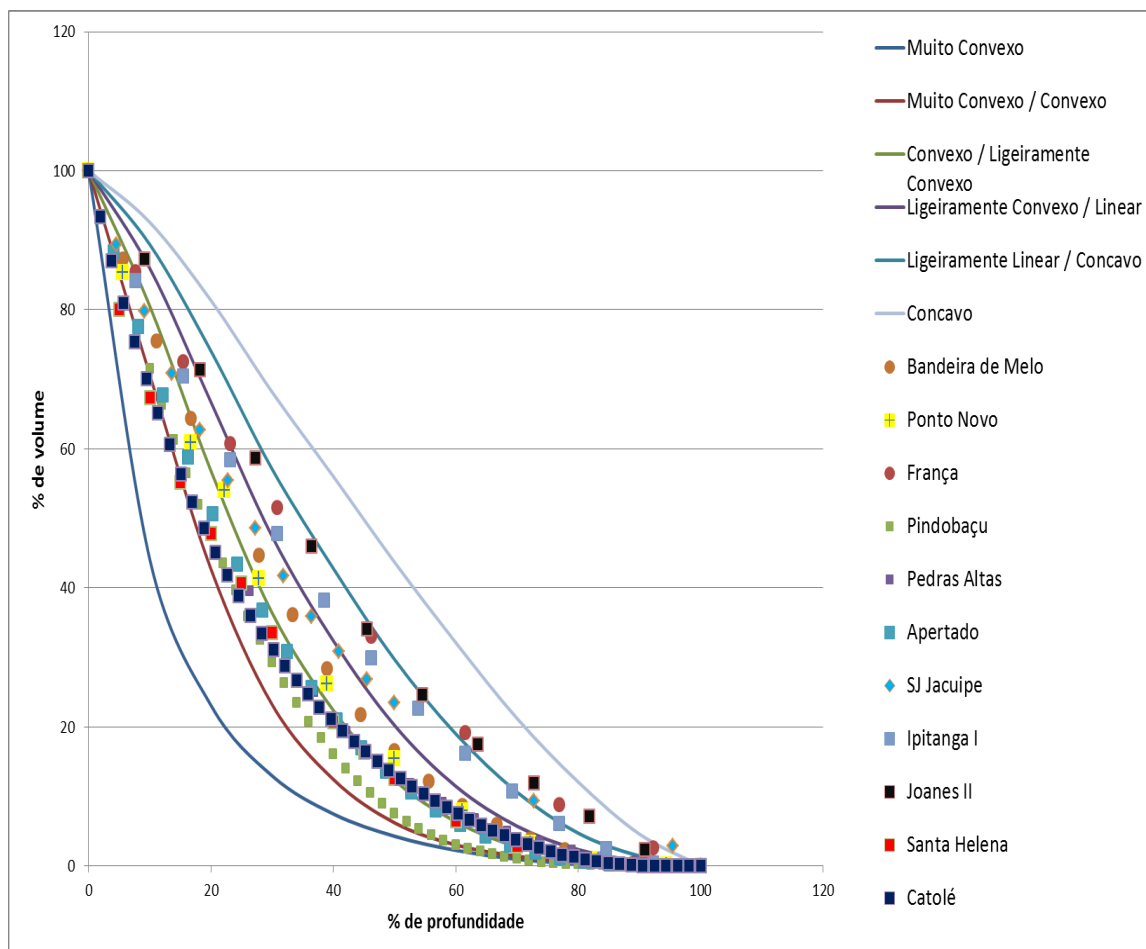
A seguir são apresentados os diversos resultados gerados ao longo do desenvolvimento dessa dissertação, a estrutura de apresentação dos resultados segue a seguinte sequência:



6.1. Estudo realizado para a definição do valor do α (coeficiente de forma)

Conforme explicitado anteriormente para definição do valor do α (coeficiente de forma) para as barragens hipotéticas foram selecionadas as barragens de 11 barragens do Estado da Bahia. Barragens estas que tiveram seus percentuais de profundidade e volume plotados juntamente com as curvas para a classificação das formas dos reservatórios apresentadas por Campos (2006), conforme a Figura 11.

Figura 11: Curvas das formas dos reservatórios da Bahia



Fonte: Próprio autor

Das 11 barragens estudadas 5 barragens apresentaram forma do lago convexo em seguida 3 como ligeiramente convexo e 3 como linear (ver Quadro 11). Por isso foi adotado o valor de α (coeficiente de forma) como 3.2. Este valor de acordo com Molle & Cadier (1992) é o extremo dos vales em v (vales lineares) e o ponto médio dos vales convexos.

Quadro 11: Relação das barragens, suas respectivas capacidades de armazenamento, alturas, coeficientes de abertura e formas do lago

Açude	Capacidade (hm ³)	Altura máxima (h)	Coefficiente de abertura	Forma do lago
Bandeira de Melo	217	18	37269	Ligeiramente Convexo
Ponto Novo	72	18	12347	Ligeiramente Convexo
França	47	13	21365	Linear
Pindobaçu	32	50	259	Convexo
Pedras Altas	97	19	14167	Convexo
Apertado	242	24,68	16094	Convexo
SJ Jacuipe	357	22	33527	Ligeiramente Convexo
Ipitanga I	7	13	3153	Linear
Joanes II	126	11	94666	Linear
Santa Helena	241	20	30125	Convexo
Catolé	23	53	157	Convexo

Fonte: Próprio autor

6.2. Caracterização dos regimes hidrológicos não alterados

A seguir serão apresentadas as principais estatísticas das séries de vazão afluente aos reservatórios simulados: média, variação sazonal, desvio padrão, valor da máxima, valor da mínima, Q_{90} , assimetria e curvas de permanência (ver Quadro 12 e Figuras 12 e 13). Os hidrogramas com o comportamento das séries temporais de vazão dos dois regimes (perene e intermitentes) não alterados encontram-se no Apêndice B.

Quadro 12: Principais estatísticas dos regime hidrológicos não alterados

Variável	Regime Perene (m ³ /s)	Regime Intermitente (m ³ /s)
Média	10,56	9,98
Desvio padrão	14,74	45,66
Valor da máxima	197	1616
Valor da mínima	0,088	0
Q90	0,519	0,033
Assimetria	3,41	16,37

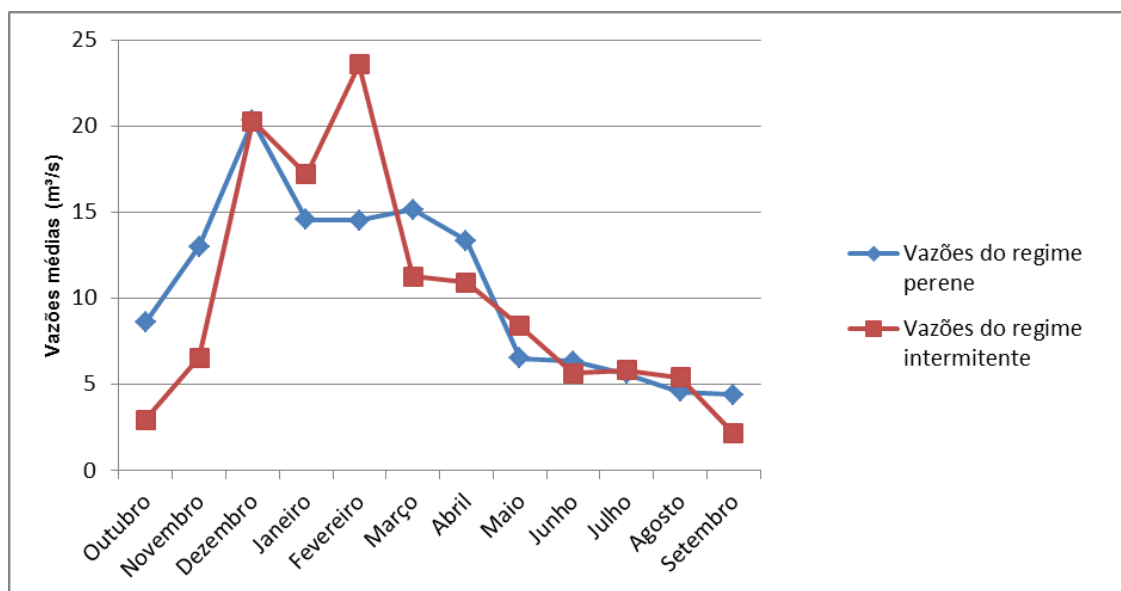
Fonte: Próprio autor

Visando comparar dois regimes hidrológicos distintos (perene e intermitente), foram escolhidos dois regimes não alterados que tinham em comum o **valor da vazão média** correspondente a cerca de 10 m³/s.

As **médias mensais** dos regimes apresentam um comportamento semelhante quanto aos períodos úmidos e secos (ver Figura 12). A principal diferença entre os dois regimes ocorre nas magnitudes de alguns meses do ano. Durante alguns meses do período seco as vazões de regime intermitente se aproximam de zero, enquanto as do regime perene ficam próximas a 5 m³/s.

Enquanto que no período úmido nos meses de janeiro e fevereiro as vazões do regime intermitente superaram a magnitude das do regime perene. Além disso, o regime perene e intermitente possuem um pico de média de vazão no período úmido igual, que ocorre no mês de dezembro.

Figura 12: Comparação entre as vazões mensais dos dois regimes não alterados



Fonte: Próprio autor

O **desvio padrão** do regime intermitente foi alto quando comparado ao desvio do regime perene (três vezes maior).

Quanto ao valor das **vazões máximas**, o regime intermitente possui uma máxima oito vezes maior que a máxima do regime perene (1616 e 197 m³/s respectivamente).

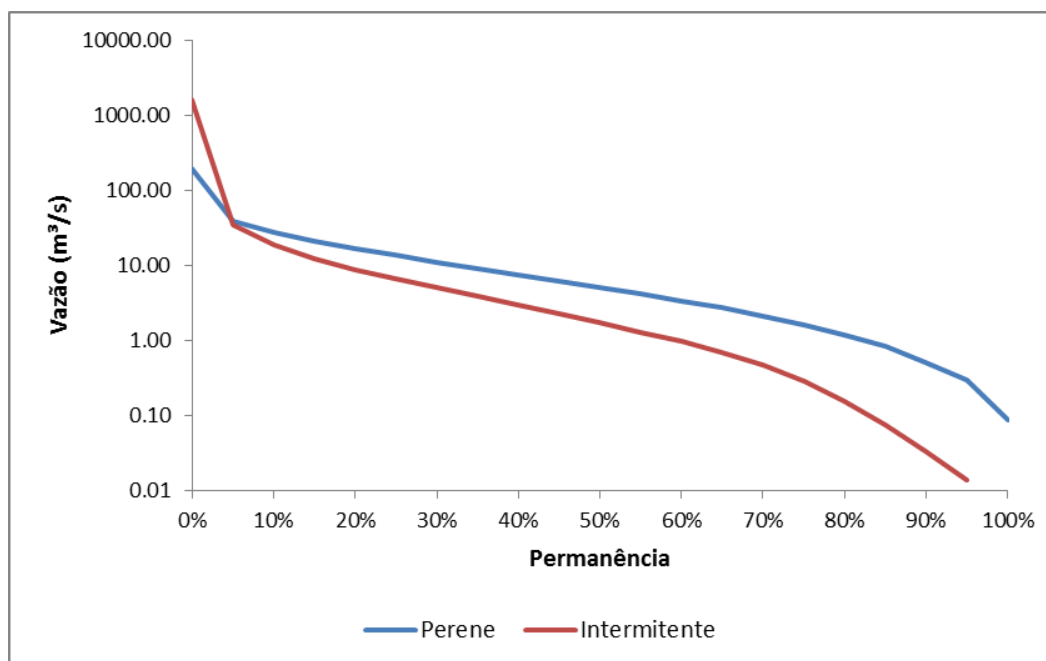
As **vazões mínimas** apresentaram valores diferentes para cada regime. Como era esperado, no regime intermitente o valor da mínima é zero e no perene é bem próximo a zero (0,088 m³/s).

Com relação às **vazões com 90% de permanência (Q_{90})**, o regime perene apresentou uma vazão de permanência quinze vezes maior que a do regime intermitente (0,519 e 0,033 m³/s respectivamente).

As **assimetrias** dos dois regimes foram distintas e positivas, o que significa uma distribuição com uma ponta assimétrica que se estende em direção a valores mais positivos, sendo que a do regime intermitente foi aproximadamente cinco vezes maior que o do regime perene.

As **curvas de permanência** relacionam a vazão e a frequência com que esta vazão é superada ou igualada. As curvas de permanência dos dois regimes são completamente distintas (ver Figura 13). No regime intermitente os eventos de altas vazões que ocorrem com menor permanência apresentaram maiores valores de vazão do que os do regime perene.

Figura 13: Curva de permanência dos regimes não alterados



Fonte: Próprio autor

Para os eventos com permanência menor que 50%, o regime perene apresentou valores de vazão acima de 5,077 m³/s, enquanto no regime intermitente este valor é 1,75 m³/s. As vazões com maiores permanências são maiores no regime perene do que no intermitente. Para o regime intermitente

um pouco após a permanência 90% esse número tende a zero, característica natural desse tipo de regime.

6.3. Caracterização das séries de vazão geradas na simulação do balanço hídrico de reservatórios hipotéticos (regimes hidrológicos alterados)

A seguir serão apresentados os valores numéricos das principais estatísticas das séries de vazão geradas na simulação do balanço hídrico dos reservatórios hipotéticos (média, desvio padrão, valor da máxima, valor da mínima, Q_{90} e assimetria) e suas respectivas curvas de permanência.

Foram plotados hidrogramas com o comportamento das séries temporais de vazão dos dois regimes alterados pelas barragens (perene e intermitentes), estes encontram-se no Apêndice C. Para representar o comportamento imposto pelas barragens foram escolhidos dois tipos de experimentos: um demanda consuntiva e um de demanda não consuntiva, nestes hidrogramas também foram representadas as pequenas e grandes capacidades de armazenamento.

Para uma melhor identificação do comportamento dos experimentos em que ocorreram agrupamentos serão adotadas as seguintes siglas: DC (demanda consuntiva); DNC (demanda não consuntiva); VR5 (vazão remanescente correspondente a 5% da vazão com 90% de garantia); e VR20 (vazão remanescente correspondente a 20% da vazão com 90% de garantia).

6.3.1. Caracterização das séries de vazão do regime perene

O **valor da vazão média**, dos experimentos que consideram o uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) independente da capacidade de armazenamento, giram em torno de 10,6 m³/s. Este valor é próximo ao adotado para a média do regime não alterado.

Enquanto que os valores dos experimentos de uso consuntivo para as pequenas capacidades de armazenamento apresentam uma média em torno de 8m³/s para as pequenas capacidades e de menos que 3 m³/s para as de grande (valor muito inferior ao do regime não alterado). Isso demonstra a

influência do consumo da água com relação à média, principalmente nas barragens de grande capacidade. Os valores numéricos das estatísticas estão nos Quadros 13 e 14.

Quadro 13: Principais estatísticas das séries de vazão para as pequenas capacidades do regime perene

Experimento	Média (m³/s)	Desvio padrão	Valor da máxima (m³/s)	Valor da mínima (m³/s)	Q90 (m³/s)	Assimetria
Não alterado	10,56	14,74	197	0,088	0,519	3,41
1	10,56	14,41	197	0,078	2,868	3,58
2	10,56	14,41	197	0,078	2,868	3,58
3	7,82	14,30	194	0,004	0,179	3,64
4	7,91	14,19	194	0,015	0,711	3,71
5	7,81	14,30	194	0,004	0,179	3,64
6	10,56	14,41	197	0,080	2,868	3,58
7	10,56	14,41	197	0,080	2,868	3,58
8	7,92	14,19	194	0,015	0,717	3,71

Fonte: Próprio autor

Quadro 14: Principais estatísticas das séries de vazão para as grandes capacidades do regime perene

Experimento	Média (m³/s)	Desvio padrão	Valor da máxima (m³/s)	Valor da mínima (m³/s)	Q90 (m³/s)	Assimetria
Não alterado	10,56	14,74	197	0,088	0,519	3,41
1	10,62	9,28	162	0,111	8,400	5,72
2	10,62	9,28	162	0,111	8,400	5,70
3	2,47	7,90	131	0,006	0,525	7,39
4	2,92	5,73	87	0	2,020	5,75
5	2,44	7,82	131	0	0,525	5,70
6	10,57	9,19	158	0,010	8,400	5,70
7	10,57	9,19	158	0,010	8,400	7,32
8	2,94	5,78	87	0,007	2,100	5,72

Fonte: Próprio autor

O **desvio padrão** para todos os experimentos de pequenas e grandes capacidades foi menor do que o desvio padrão do regime não alterado. Porém, o desvio das pequenas capacidades de armazenamento é muito semelhante ao do regime natural enquanto que nas grandes há uma distinção entre os experimentos de uso consuntivo e não consuntivo. Possivelmente as grandes capacidades exerceram uma maior uniformidade dos valores de vazão das séries do período pós-impacto.

Com relação às grandes capacidades, para os experimentos que consideram o uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) o desvio é aproximadamente $9,3 \text{ m/s}^3$ enquanto nos de uso consuntivo (3 e 5) este valor é aproximadamente $7,9 \text{ m/s}^3$ e para os experimentos (4 e 8) é de $5,8 \text{ m/s}^3$, sendo que este par de experimentos apresentou o menor desvio padrão das séries.

Os experimentos 3 e 5 tem em comum a demanda consuntiva e vazão remanescente de 5%, enquanto que nos experimentos 4 e 8 são comuns a demanda consuntiva e vazão remanescente de 20%. Pode-se afirmar que nos experimentos de grande capacidade de armazenamento a distribuição da vazão é mais uniforme ao longo da série do que nos de pequena capacidade de armazenamento.

Quanto ao valor das **vazões máximas**, os experimentos que consideram pequena capacidade de armazenamento no reservatório tiveram as menores alterações neste parâmetro, enquanto nos de grande capacidade alguns experimentos apresentaram o valor da máxima menor que a metade do valor da vazão no regime não alterado.

Para as pequenas capacidades o valor da vazão máxima dos experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) são iguais ao do regime não alterado, enquanto que nos experimentos de uso consuntivo (3, 4, 5 e 8) o valor foi apenas $3 \text{ m}^3/\text{s}$ a menos que o regime não alterado. O resultado evidencia impacto na redução das vazões máximas devido ao consumo das vazões para o uso consuntivo.

Nas grandes capacidades de armazenamento, os experimentos que sofreram menos alterações na vazão máxima foram os de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7), com redução em torno de $35 \text{ m}^3/\text{s}$. A redução foi acentuada nos experimentos de uso consuntivo (3 e 5, 4 e 8), com valores de $66 \text{ m}^3/\text{s}$ e $110 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente.

A **vazão mínima** resultante dos experimentos independente da capacidade não foi igual a do regime natural. Para as pequenas capacidades de armazenamento, os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) foram os que apresentaram o valor mais próximo do regime não alterado. Neste tipo de demanda a diferença entre o regime não alterado foi de menos de $0,010 \text{ m}^3/\text{s}$

para os experimentos 1 e 2 e de menos de 0,008 m³/s para os experimentos 6 e 7.

Para os experimentos de uso consuntivo (3 e 5, 4 e 8) essa diferença foi maior, 0,084 m³/s e 0,073 m³/s, respectivamente. Para as barragens de grande capacidade de armazenamento a maior parte dos experimentos sofreu grandes alterações no sentido de redução ou tornar o valor da mínima zero (quando o valor foi arredondado).

Os experimentos mais impactados no sentido de zerar o valor da vazão mínima foram o 4 e 5 (ambos de uso consuntivo). Outros dois experimentos de uso consuntivo também apresentaram valores de vazão mínima próximo a zero, os experimentos 3 e 8, com valores de vazão de 0,006 e 0,007 m³/s, respectivamente.

Os experimentos de uso não consuntivo tiveram comportamento inverso. A mínima nos experimentos 1 e 2 foi superior ao do regime natural cerca de 0,023 m³/s, enquanto a dos experimentos 6 e 7 foi menor que a mínima do regime natural cerca de 0,078 m³/s.

Com relação às **vazões com 90% de permanência (Q₉₀)**, a maior parte dos experimentos, independente de sua capacidade de armazenamento e demanda, apresentaram valores da Q₉₀ maiores que o do regime não alterado devido ao efeito da regularização da vazão exercido pela barragem.

Os experimentos 3 e 5 foram os que apresentaram menores valores da Q₉₀ independente da capacidade de armazenamento. Apesar disso, para estes dois experimentos de pequenas capacidades o valor foi muito inferior ao do regime não alterado (uma diferença de 0,340 m³/s), enquanto nas grandes foi similar ao regime não alterado.

Os experimentos 4 e 8 das pequenas capacidade de armazenamento ficaram com o valor da Q₉₀ 0,198 m³/s acima do regime não alterado, enquanto que para as grandes capacidades de armazenamento o valor foi quatro vezes o do regime não alterado.

Todos os valores da Q₉₀ dos experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7), foram superiores ao regime não alterado, independente da capacidade, porém

para os experimentos de grande capacidade o valor foi dezesseis vezes o do regime não alterado e nas pequenas capacidades apenas cinco vezes. Demonstrando mais uma vez o poder de alteração hidrológica das grandes capacidades de armazenamento.

Todas as **assimetrias** foram positivas, independente da capacidade de armazenamento ou demanda. Para os experimentos de pequena capacidade o valor da assimetria foi bem próximo do regime não alterado. Para os experimentos de grande capacidade os valores de assimetria foram superiores aos do regime não alterado. Os experimentos que mais sofreram alteração nessa estatística foram 3 e 7, que apresentaram assimetrias com o dobro do valor do regime não alterado.

6.3.2. Caracterização das séries de vazão do regime intermitente

O **valor da vazão média**, dos experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) giram em torno de 10 m³/s, para as pequenas e grandes capacidades este valor é o mesmo da média do regime não alterado.

Para os experimentos de uso consuntivo o valor da vazão média para as pequenas capacidades de armazenamento ficaram em torno de 7,5 m³/s e para as grandes em torno de 5 m³/s. Os valores numéricos das estatísticas estão nos Quadros 15 e 16.

Quadro 15: Principais estatísticas das séries de vazão para as pequenas capacidades do regime intermitente

Experimento	Média (m ³ /s)	Desvio padrão	Valor da máxima (m ³ /s)	Valor da mínima (m ³ /s)	Q90 (m ³ /s)	Assimetria
Não alterado	9,98	45,66	1616	0	0,033	16,37
1	9,96	45,41	1616	0	2,708	16,64
2	9,96	45,41	1616	0	2,708	16,64
3	7,38	45,37	1613	0	0,169	16,68
4	7,46	45,29	1613	0	0,67	16,76
5	7,37	45,37	1613	0	0,167	16,68
6	9,93	45,41	1616	0	2,683	16,64
7	9,93	45,41	1616	0	2,683	16,64
8	7,47	45,29	1613	0	0,677	16,76

Fonte: Próprio autor

Quadro 16: Caracterização das séries de vazão para as grandes capacidades do regime intermitente

Experimento	Média (m ³ /s)	Desvio padrão	Valor da máxima (m ³ /s)	Valor da mínima (m ³ /s)	Q90 (m ³ /s)	Assimetria
Não alterado	9,98	45,66	1616	0	0,033	16,37
1	9,78	43,05	1616	0,024	5,453	18,73
2	9,78	43,05	1616	0,024	5,453	18,73
3	4,48	42,83	1610	0	0,34	18,98
4	4,81	42,29	1610	0	1,31	19,59
5	4,29	42,69	1610	0	0,327	19,13
6	9,41	42,94	1615	0,018	5,24	18,85
7	9,41	42,94	1615	0,018	5,24	18,85
8	4,89	42,34	1610	0	1,362	19,55

Fonte: Próprio autor

O **desvio padrão** apresentou dois comportamentos distintos de acordo com a capacidade de armazenamento. Para os experimentos de pequena capacidade de armazenamento o valor do desvio foi praticamente igual ao do regime não alterado. Já os experimentos de grande capacidade de armazenamento apresentaram um desvio padrão um pouco menor do que o do regime não alterado sugerindo uma maior uniformização nos valores de vazão.

Quanto ao valor das **vazões máximas**, independe da capacidade de armazenamento este valor não sofreu grandes alterações em nenhum experimento.

Os valores das **vazões mínimas** da maior parte dos experimentos foram iguais ou muito próximas às do regime não alterado, ou seja zero. Para as grandes capacidades de armazenamento apenas os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) apresentaram alterações no valor da mínima, passando para 0,024 m³/s e 0,018 m³/s, respectivamente.

Todos os experimentos independentemente da capacidade de armazenamento, apresentaram o valor das **vazões com 90% de permanência** (Q₉₀) maiores que o do regime não alterado. Os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) foram os que apresentaram as maiores alterações. Para as pequenas capacidades, a vazão é oitenta e duas vezes maior que o regime não alterado (sendo equivalente a aproximadamente 25% da vazão média do regime não alterado) e para as grandes capacidades essa diferença

é ainda maior, cento e sessenta e cinco vezes maior (sendo equivalente a mais de 50% do valor da vazão média do regime não alterado).

Para os experimentos de uso consuntivo (3, 4, 5 e 8) ocorreram dois agrupamentos, entre os experimentos 3 e 5 e 4 e 8. Sendo que os experimentos 4 e 8, independentemente da capacidade apresentaram valores de Q_{90} superiores aos dos experimentos 3 e 5.

Para os experimentos 4 e 8 as pequenas capacidades foram vinte vezes maior e as grandes trinta e nove vezes. Nos experimentos 3 e 5 as pequenas capacidades foram cinco vezes maior e as grandes cerca de dez vezes maior.

As **assimetrias** de todos os experimentos foi positiva. Para todos os experimentos de pequena capacidade o valor da assimetria foi muito próximo ao do regime não alterado, somente as de grande capacidade apresentaram alterações nesse parâmetro. Nas grandes capacidades os experimentos de maior assimetria foram o 4, 5 e 8.

6.3.3. Curvas de permanência

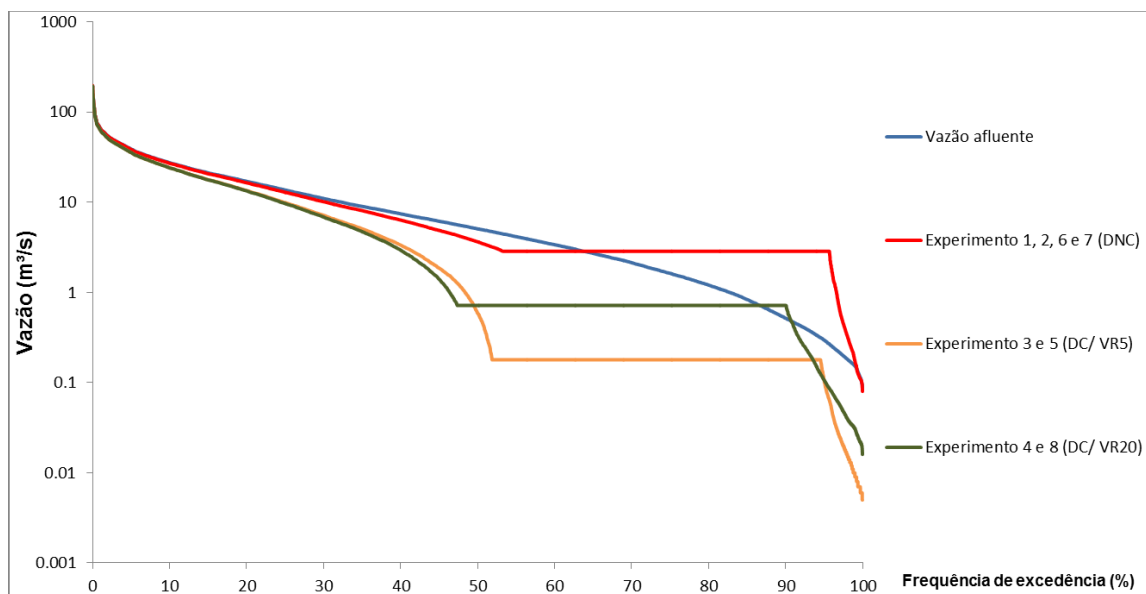
As **curvas de permanência** foram elaboradas a partir de valores diários de vazão de entrada (vazão afluente) e saída (vazão defluente) da barragem. Todos os cenários tem, como referência para fins de comparação, uma única curva de permanência representando o comportamento pré-impacto, chamada de vazão afluente, e as curvas de vazão defluentes são denominadas pelo nome dos experimentos. Merece destaque o fato de nas curvas de permanência das barragens de uso consuntivo (experimentos 3, 4, 5 e 8), independentemente da capacidade de armazenamento e do regime hídrico, o valor da Q_{90} destes experimentos ser igual ao valor das suas respectivas vazões remanescentes.

6.3.3.1. Curvas de permanência para as barragens do regime perene

Tanto nas **curvas de permanência das barragens de pequena e grande capacidade de armazenamento**, ocorreram agrupamento dos experimentos (1, 2, 6 e 7), (3 e 5) e (4 e 8) (ver Figura 14 e 15). Um fato interessante é que a

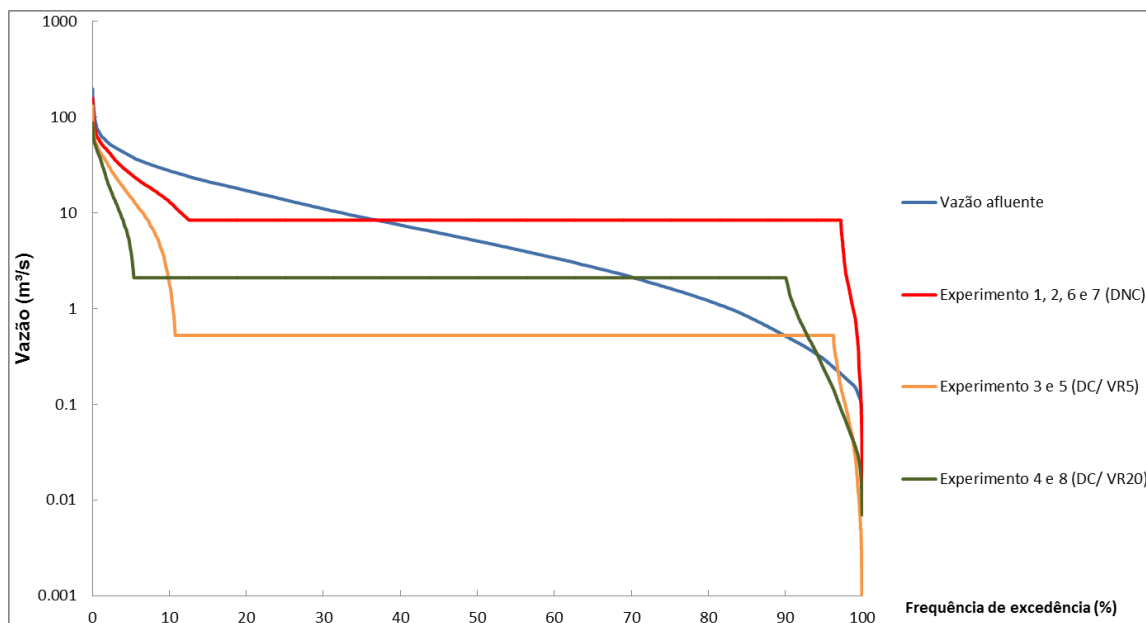
variabilidade dos fenômenos de vazões altas é mantido apenas nas pequenas capacidades. Para todos os experimentos de barragens de grande capacidade de armazenamento, as curvas de permanência da vazão afluyente e defluyente se diferem ao longo de todas as permanências.

Figura 14: Curva de permanência dos experimentos para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene



Fonte: Próprio autor

Figura 15: Curva de permanência dos experimentos para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene



Fonte: Próprio autor

Experimento 1, 2, 6 e 7 (DNC): Quando a barragem de pequena capacidade de armazenamento é utilizada para uso não consuntivo independentemente da tipologia, em 66% do tempo fornecerá ao rio uma vazão maior que a do seu regime natural por conta da regularização que a barragem exerce, isto ocorre em 38% do tempo nas grandes.

Nas pequenas capacidades as curvas de permanência (vazão afluente e defluente) até a Q_{10} são extremamente parecidas (para as grandes diferem desde as menores permanências). Deste ponto até aproximadamente a Q_{53} os valores de vazão defluente são menores que o de vazão afluente. Do ponto Q_{53} até quase Q_{100} a vazão defluente é constante formando um patamar, enquanto que o comportamento das vazões afluentes é um decaimento que ao chegar próximo do Q_{100} se aproxima do menor valor de vazão ($0,1 \text{ m}^3/\text{s}$).

Nas grandes capacidades quando a frequência atinge aproximadamente a Q_{13} as vazões defluentes formam um patamar constante até aproximadamente a Q_{98} , desse ponto em diante há uma queda acentuada dessa vazão até atingir a Q_{100} .

Dentre os 16 experimentos de pequena e grande capacidade, estes quatro apresentaram os maiores valor de Q_{90} , superando a vazão afluente (regime não alterado) e dos experimentos de uso consuntivo. Os valores de vazão superam os do regime não alterado a partir aproximadamente da Q_{65} nas pequenas capacidades e nas grandes Q_{38} .

Experimento 3 e 5 (DC/ VR5): Quando a barragem é utilizada para uso consuntivo independentemente da tipologia, a curva de permanência das vazões apresenta valores menores que os de vazão afluente e há uma diminuição dos valores de vazão com maior permanência no rio, ou seja, na maior parte do tempo os valores que a barragem libera de água estão bem abaixo dos valores naturais evidenciando o consumo desta água.

Nos experimentos das pequenas capacidades apesar de apresentarem valores parecidos de vazão aos outros experimentos nas menores permanências, a diferença de magnitude das vazões começa a se acentuar e diferenciar dos outros experimentos aproximadamente a partir da Q_{50} .

Para as grandes capacidades a magnitude da diferença entre a permanência das vazões afluentes e defluentes é extremamente acentuada desde o começo, chegando a superar as do experimento 1, 2, 4, 6, 7 e 8. Independentemente da capacidade de armazenamento, estes foram os experimentos que o consumo mais modificou a curva de permanência com relação à curva de vazão afluente.

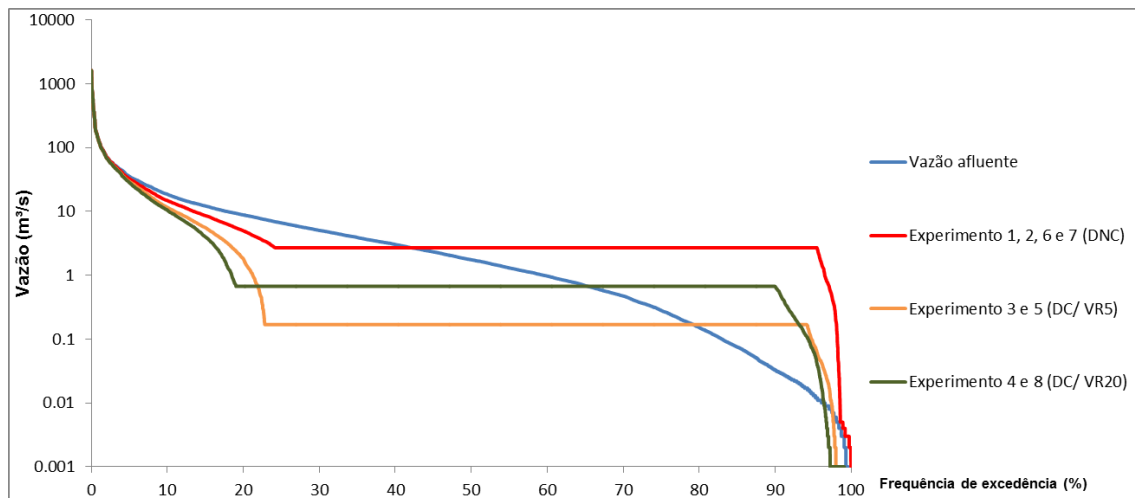
Experimento 4 e 8 (DC/ VR20): O efeito causado pela barragem será similar ao do experimento 3 e 5, por terem em comum a demanda consuntiva. A principal diferença dos experimentos 4 e 8 para os 3 e 5 nas pequenas capacidades é o ponto próximo a Q_{90} , onde por um breve período os valores da vazão superaram o regime natural, enquanto que nos experimentos 3 e 5 eles sempre ficaram abaixo do regime de vazão afluente. Isto ocorre pelo valor da vazão remanescente ser maior (20% da vazão com 90% de garantia ao invés de 5%).

Nas grandes capacidades, o consumo de água foi mais impactante das vazões nas permanências até aproximadamente Q_{70} . Possivelmente o alto valor de vazão remanescente está afetando os valores de vazão com permanência entre Q_{73} e Q_{92} fazendo com que nesse período os valores de vazão sejam superiores aos da vazão afluente.

6.3.3.2. Curvas de permanência para as barragens do regime intermitente

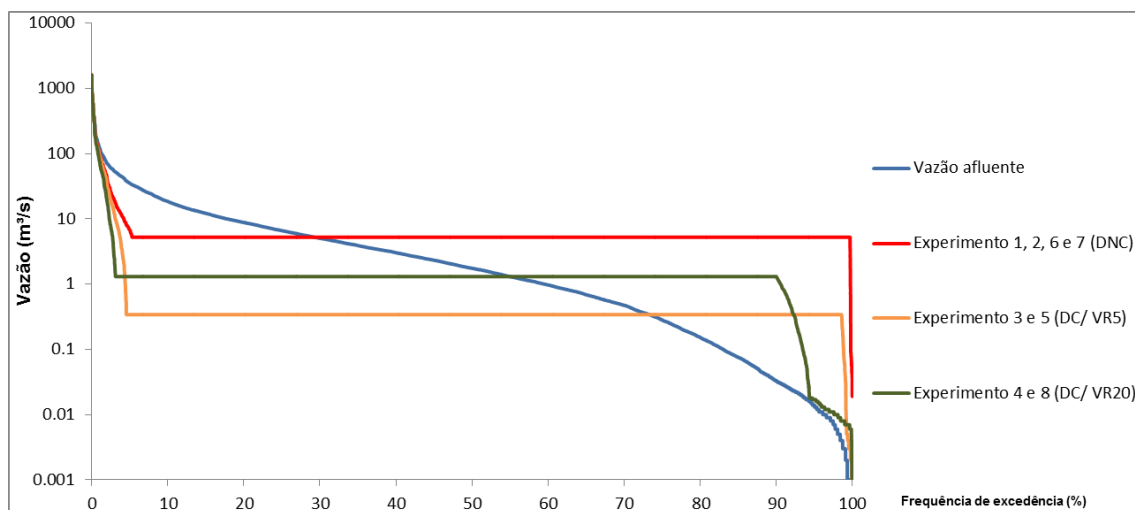
Assim como nas grandes capacidades do regime perene as **curvas de permanência** das pequenas e grandes capacidades do regime intermitente agruparam-se entre os experimentos (1, 2, 6 e 7), (3 e 5) e (4 e 8) [ver Figura 16 e 17]. Novamente, somente as barragens de pequena capacidade conseguiram manter a variabilidade dos eventos de altas vazões.

Figura 16: Curva de permanência dos experimentos para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

Figura 17: Curva de permanência dos experimentos para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

Experimento 1, 2, 6 e 7 (DNC): Quando a barragem é utilizada para uso não consuntivo, independentemente da tipologia, a curva de permanência a partir aproximadamente do ponto Q_{45} fornecerá ao rio uma vazão maior que a do seu regime natural por conta da regularização que a barragem exerce.

Nas pequenas capacidades, a variabilidade dos fenômenos de altas vazões é mantida até o ponto Q_{24} , onde até quase a Q_{100} , a vazão defluente é constante formando um patamar, enquanto que o comportamento das vazões afluentes é um decaimento que ao chegar próximo do Q_{100} se aproxima do menor valor de

vazão ($0,001 \text{ m}^3/\text{s}$). Do ponto Q_{45} em diante a barragem fornece ao rio uma vazão maior que a do seu regime natural por conta da regularização.

Nas grandes capacidades a variabilidade dos fenômenos de vazão máxima não mantida, possivelmente por que a barragem armazena esta vazão. Quando a frequência atinge aproximadamente a Q_{30} as vazões defluentes formam um patamar constante até aproximadamente a Q_{98} , fornecendo um valor mais de vazão ao rio do que no seu regime natural.

Nas pequenas e grandes capacidades apesar de todos os experimentos apresentarem o valor da Q_{90} maior que o do regime não alterado estes experimentos foram os que mais sofreram alteração. Os valores de vazão superam os do regime não alterado a partir aproximadamente da Q_{45} nas pequenas capacidades e nas grandes da Q_{30} .

Experimento 3 e 5 (DC/ VR5): Assim como no regime perene, a magnitude da diferença entre a permanência das vazões afluentes e defluentes é extremamente acentuada desde o começo para as pequenas e grandes capacidades, chegando a superar as do experimento 1, 2, 4, 6, 7 e 8. Estes foram os experimentos que o consumo mais modificou a curva de permanência com relação à curva de vazão afluente.

Nas pequenas capacidades quando a frequência atinge aproximadamente a Q_{20} , as vazões defluentes formam um patamar constante até aproximadamente a Q_{98} , como no experimento 1, 2, 6 e 7. Desse ponto em diante há uma queda acentuada dessa vazão até atingir a Q_{100} . Estes experimentos diferem um pouco dos outros com relação à amplitude das vazões entre a permanência Q_0 e Q_{20} . As vazões são bem menores nessa faixa de permanência do que as dos experimentos 1, 2, 4, 6, 7 e 8.

Nas grandes capacidades, quando a frequência atinge aproximadamente a Q_8 , as vazões defluentes formam um patamar constante até aproximadamente a Q_{98} . Como no experimento 1, 2, 6 e 7, desse ponto em diante, há uma queda acentuada dessa vazão até atingir a Q_{100} .

Diferente dos experimentos 1, 2, 6 e 7, em quase toda a extensão da curva de permanência da vazão defluente seus valores são menores que os valores da

curva das vazões afluentes independentemente da capacidade de armazenamento. Nas pequenas capacidades entre a permanência Q_{80} e Q_{98} , o valor da vazão supera aos valores de vazão naturais (vazão afluente), enquanto na grande isso ocorre entre a Q_{75} e Q_{98} .

Experimento 4 e 8 (DC/ VR20): Neste caso, houve uma redução dos valores de vazão com maior permanência no rio com relação aos valores de vazão afluente independentemente da capacidade de armazenamento. O consumo de água foi mais impactante nas pequenas capacidades das vazões nas permanências até aproximadamente Q_{68} , enquanto nas grandes isso ocorreu até aproximadamente Q_{90} .

Possivelmente o alto valor de vazão remanescente está afetando nas pequenas capacidades os valores de vazão com permanência entre Q_{68} e Q_{90} fazendo com que nesse período os valores de vazão sejam superiores aos da vazão afluente, enquanto nas grandes isto ocorre entre Q_{55} e Q_{90} .

Quando a frequência das pequenas capacidades atinge aproximadamente a Q_{18} as vazões defluentes formam um patamar constante até aproximadamente a Q_{90} . Como no experimento 1, 2, 3, 5, 6 e 7, desse ponto em diante há uma queda acentuada dessa vazão até atingir a Q_{100} . Nas grandes, isso ocorre aproximadamente a Q_3 as vazões defluentes formam um patamar constante até aproximadamente a Q_{90} , diferente dos experimentos 1, 2, 3, 5, 6 e 7. Desse ponto em diante não há uma queda acentuada dessa vazão até atingir a Q_{100} .

6.4. Avaliação das alterações hidrológicas

Para avaliar as alterações hidrológicas decorrentes da implantação e operação de barragens com pequenas e grandes capacidades de armazenamento foi utilizado o IHA. A comparação das 64 estatísticas entre as séries pré e pós-impacto para as pequenas e grandes capacidades de armazenamento encontra-se no Apêndice D.

Ressalta-se que os grupos de análise do IHA 1, 2 e 3 reúnem parâmetros relacionados às mudanças na magnitude, frequência e distribuição temporal das vazões e os grupos 4 e 5 as variações nas características de forma do

hidrograma. Os resultados dos trinta e dois experimentos serão apresentados a seguir por grupo do IHA.

6.4.1. Grupo 1 (*magnitude das vazão mensais*)

O regime hidrológico de um rio costuma variar com o regime de chuvas passando por períodos de secas e cheias ao longo do ano. São apresentados gráficos das alterações nas vazões mensais para barragens de pequena e grande capacidade de armazenamento com relação às vazões mensais naturais (chamadas de vazões afluentes).

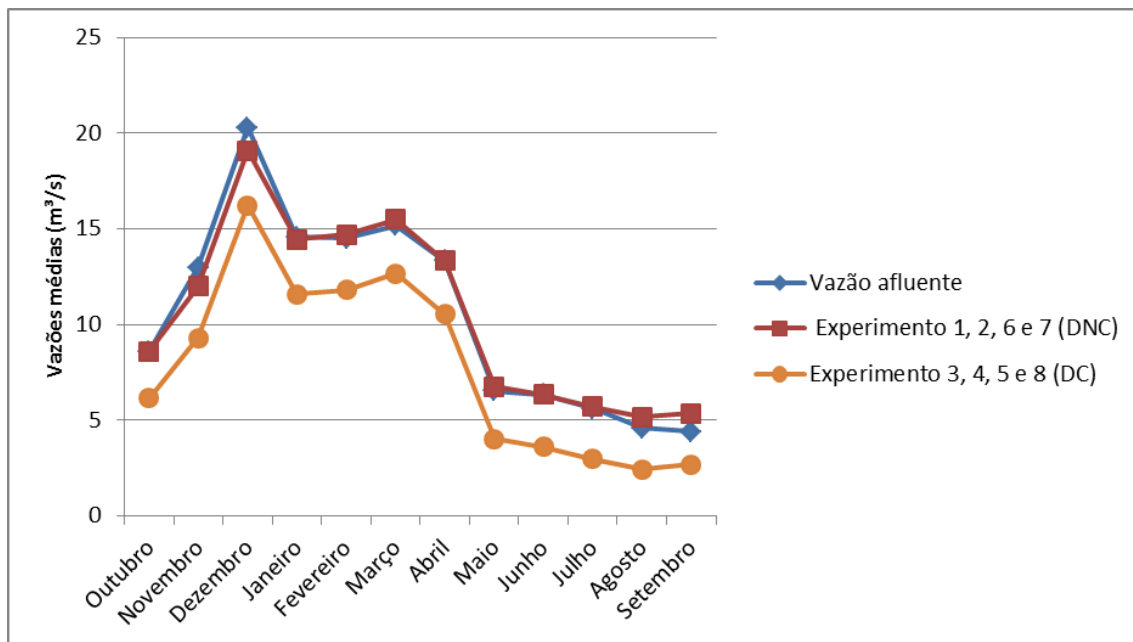
Em ambos os casos (regime perene e intermitente), as alterações das vazões mensais para barragens de pequena e grande capacidade de armazenamento os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) e uso consuntivo (3, 4, 5, e 8) agruparam-se por ter o mesmo valor, formando apenas uma curva representado o comportamento do uso consuntivo e outra de uso não consuntivo.

Para pequenas capacidades de armazenamento, as alterações nos casos que consideram os usos não consuntivos foram menores do que as dos usos consuntivos. Porém, nas grandes capacidades ambos os usos causaram impactos significantes, principalmente nas grandes barragens do regime perene.

6.4.1.1. Alterações das vazões mensais para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene

As alterações das vazões médias mensais apresentaram dois comportamentos para cada conjunto de quatro experimentos (os de usos consuntivos e não consuntivos). As maiores alterações nas vazões mensais foram para os usos consuntivos (ver Figura 18).

Figura 18: Alterações nas vazões mensais para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene



Fonte: Próprio autor

Experimento 1, 2, 6 e 7 (DNC): As séries de vazões afluentes e defluentes para estes quatro experimentos apresentam um comportamento muito semelhante. Nos meses de novembro e dezembro as vazões defluentes são menores que as afluentes, ou seja, o rio receberá vazões menores que as naturais, enquanto que nos meses de agosto e setembro o comportamento imposto pela barragem é contrário, o rio receberá um volume maior de água do que teria normalmente. Possivelmente as vazões armazenadas no período úmido (novembro e dezembro) são disponibilizadas no período seco (agosto e setembro). Este comportamento de alteração nas médias é causado pela forma de operação imposta pela barragem, a maior disponibilidade de água no rio é o efeito da regularização que o barramento impõe.

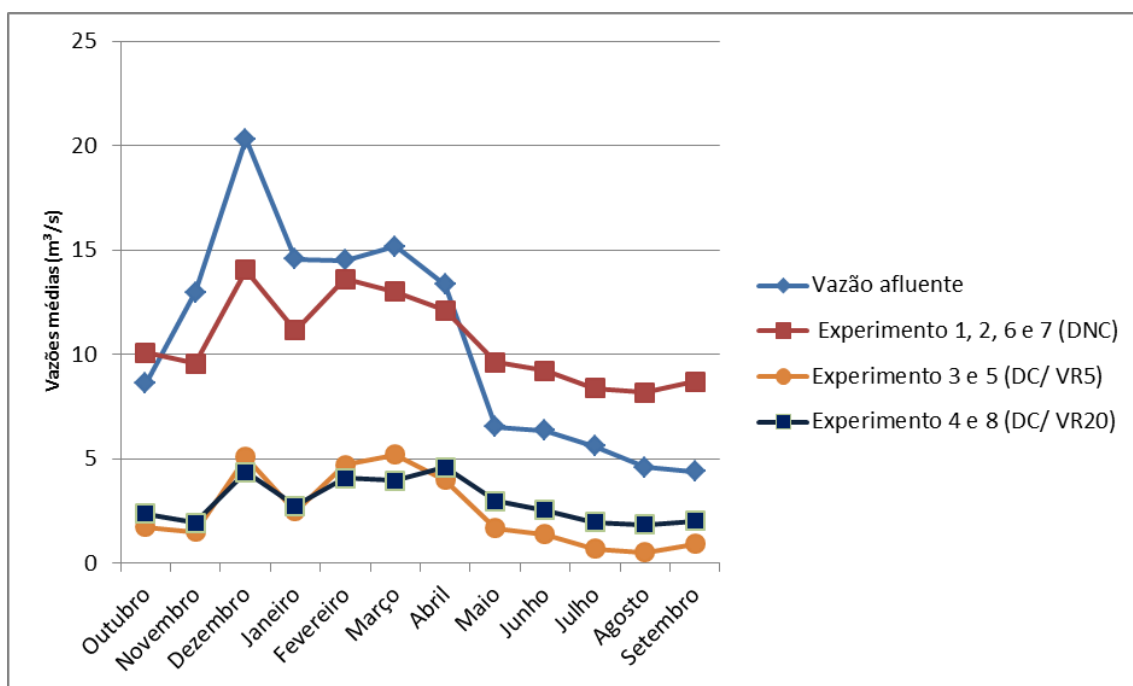
Experimento 3, 4, 5 e 8 (DC): Apesar das séries de vazões afluentes e defluentes para estes quatro experimentos apresentarem um comportamento igual com relação à sazonalidade da vazão afluente, estes experimentos tem uma magnitude menor durante o ano todo do que as da vazão afluente e experimentos não consuntivos. Isto ocorre pelo fato da demanda ser consuntiva e as vazões não retornarem ao rio, reduzindo assim sua magnitude.

6.4.1.2. Alterações das vazões mensais para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene

Assim como nas barragens de pequena capacidade de armazenamento, as alterações das vazões médias mensais apresentaram dois comportamentos para cada conjunto de quatro experimentos (os de usos consuntivos e não consuntivos).

Apesar disto, as magnitudes das alterações nas médias dos experimentos de grande capacidade foram mais relevantes do que os de pequena. Sendo que os experimentos de uso não consuntivo das grandes capacidades sofreram menores alterações nas magnitudes das vazões mensais do que as de uso consuntivo (ver Figura 19).

Figura 19: Alterações nas vazões mensais para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene



Fonte: Próprio autor

Experimento 1, 2, 6 e 7 (DNC): As séries de vazões afluentes e defluentes para estes quatro experimentos apresentam um comportamento semelhante ao longo do ano, porém até abril os valores da vazão defluente são menores que os da vazão afluyente. Desse mês em diante os valores da vazão defluente

superaram os valores da vazão afluyente. Possivelmente isto ocorre por que as a barragem armazenou água no período úmido e liberou ela no período seco.

O comportamento imposto pela regularização exercida pela barragem no rio é mais acentuado de abril a setembro, onde um volume maior do que o natural será ofertado ao rio à jusante.

Experimento 3, 4, 5 e 8 (DC): Assim como o comportamento para o grupo de uso consuntivo das barragens com pequena capacidade de armazenamento, as vazões defluentes das barragens de grande capacidade apresentaram semelhança quanto à sazonalidade, porém com valores inferiores àquelas afluentes. Até o mês de maio essa diferença é mais acentuada. Em alguns meses do período seco estes experimentos tiveram suas vazões médias reduzidas ao ponto de alcançar os seus respectivos valores da vazão remanescente ou valores inferiores a estes.

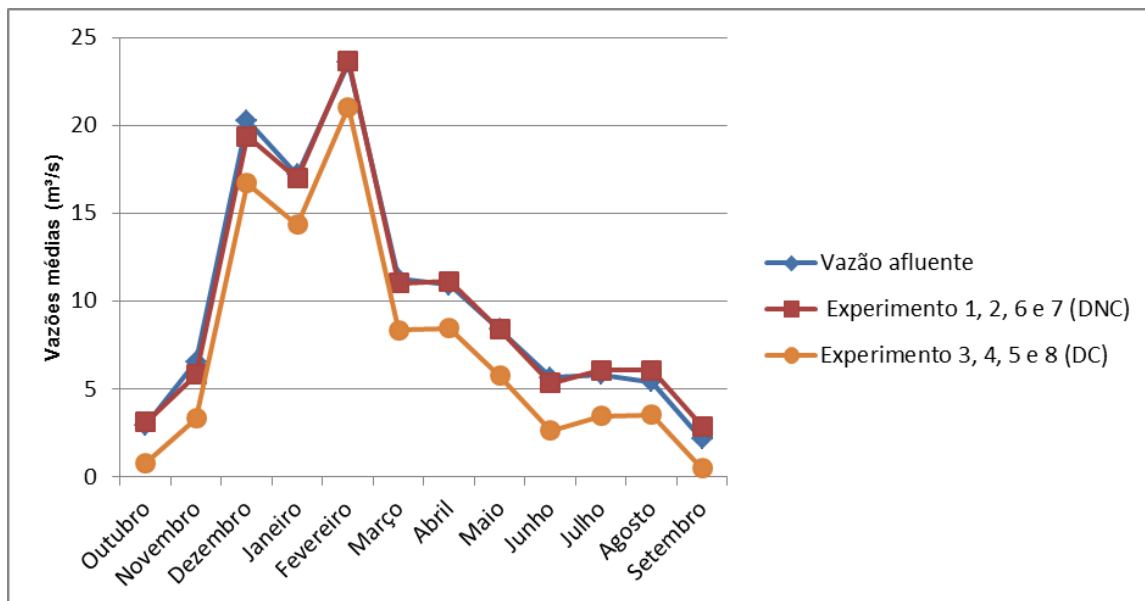
Por exemplo, para os experimentos 4 e 8 durante os meses de julho a setembro os valores das vazões médias mensais foram menores que seu valor de vazão remanescente (VR20). O mesmo ocorreu para os experimentos 3 e 5, onde o valor da vazão média mensal começou a reduzir em julho, alcançando em agosto o valor da sua vazão remanescente (VR5).

Para as barragens com grande capacidade de armazenamento o efeito do consumo da água é mais acentuado do que nas de pequena capacidade de armazenamento principalmente de outubro a maio.

6.4.1.3. Alterações das vazões mensais para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente

O comportamento para as pequenas capacidades deste regime foi semelhante aos do regime perene (ver Figura 20).

Figura 20: Alterações nas vazões mensais para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

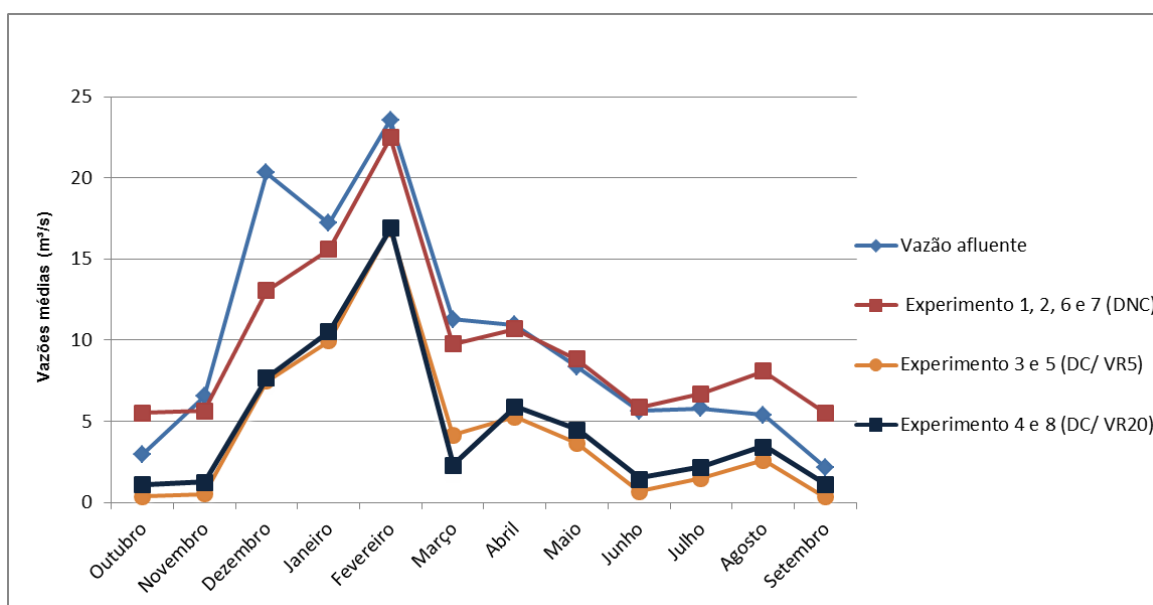
Experimento 1, 2, 6 e 7 (DNC): As séries de vazões afluentes e defluentes para estes quatro experimentos apresentam um comportamento muito semelhante, somente alguns meses (novembro, dezembro, agosto e setembro) o comportamento das vazões difere, mas não é de modo significativo. Nos meses de novembro e dezembro as vazões defluentes são menores que as afluentes, ou seja, o rio receberá vazões menores que as naturais, enquanto que nos meses de agosto e setembro o comportamento imposto pela barragem é contrário, o rio receberá a jusante um volume a mais de água que teria normalmente. Possivelmente a barragem armazenou a água no período úmido para disponibilizar no período seco.

Experimento 3, 4, 5 e 8 (DC): Apesar das séries de vazões afluentes e defluentes para estes quatro experimentos apresentarem um comportamento igual com relação à sazonalidade da vazão afluyente, estes experimentos tem uma magnitude menor durante o ano todo do que as da vazão afluyente e experimentos não consuntivos. Pelo consumo ser consuntivo as vazões não retornam ao rio, por isso a magnitude é menor.

6.4.1.4. Alterações das vazões mensais para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente

O comportamento do regime intermitente a jusante das barragens com grande capacidade é diferente daquele do regime perene, tanto para os usos consuntivos quanto para os não consuntivos. Para os usos não consuntivos a regularização exercida pela barragem tem uma duração de quatro meses, enquanto no regime perene dura seis (ver Figura 21).

Figura 21: Alterações nas vazões mensais para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

Experimento 1, 2, 6 e 7 (DNC): As séries de vazões afluentes e defluentes para estes quatro experimentos apresentam um comportamento semelhante em grande parte do ano hidrológico. Porém no período úmido (dezembro, janeiro, fevereiro, março), as magnitudes das vazões são menores que a vazão afluyente. O comportamento imposto pela regularização exercida pela barragem no rio é mais acentuado de julho a outubro (período seco), onde um volume maior de vazão será ofertado ao rio a jusante do que no regime natural. Possivelmente esse volume disponibilizado no período seco foi armazenado pela barragem no período úmido (entre novembro e janeiro).

Experimento 3, 4, 5 e 8 (DC): O comportamento destes experimentos é bem parecido com os de uso não consuntivo, porém a magnitude é reduzida significativamente. Nos experimentos (3 e 5) é quase zero e nos experimentos (4 e 8) próxima a $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.4.2. Grupo 2 (magnitude e duração das condições de vazões anuais extremas)

Neste Grupo, as alterações de modo geral, resultaram no aumento das vazões mínimas de 1, 3 e 7 dias e, de outro lado, na redução nas vazões máximas. Dependendo do tipo de experimento, do regime hidrológico e capacidade de armazenamento, houve variação na magnitude das alterações. Por exemplo, os experimentos 1, 2, 6 e 7 (DNC) provocaram aumentos enormes nas vazões mínimas de 1, 3 e 7 dias ($> 600\%$), independente do regime hidrológico.

No caso dos experimentos 3 e 5 (DC/VR5) os aumentos nas vazões mínimas foram importantes para o regime perene ($>60\%$) e enormes para o regime intermitente ($>200\%$). Para os experimentos 4 e 8 (DC/VR20), somente no caso das barragens de pequena capacidade e regime perene o aumento nas vazões mínimas de 1, 3 e 7 dias foi pequeno ($>20\%$), sendo que nos demais casos as alterações foram enormes ($>400\%$).

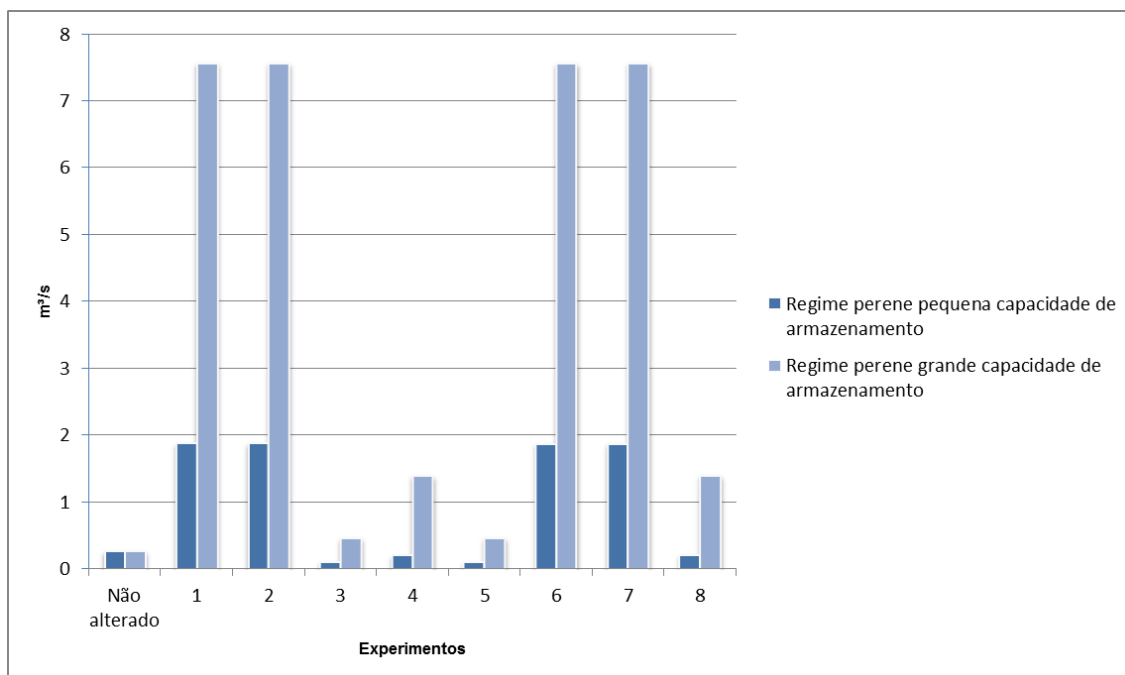
Em relação as vazões máximas, em ambos os regimes, as pequenas barragens não provocaram alterações significativas. Nas barragens de grande capacidade, as reduções nas vazões máximas no regime intermitente foram menores ($>20\%$) do que aquelas do regime perene ($>60\%$ para os experimentos 3 e 5 e 4 e 8). Esses resultados podem ser conferidos no Apêndice D.

Para ilustrar as principais alterações nas vazões mínimas serão apresentados, comparativamente, os resultados das vazões mínimas de 7 dias. A vazão mínima de 7 dias foi escolhida por ser um parâmetro bastante utilizado como referência para a gestão dos recursos hídricos. Para este parâmetro, nenhum dos trinta e dois experimentos apresentou a vazão igual ao regime natural.

6.4.2.1. Alterações na vazão mínima de 7 dias do regime perene

Para este parâmetro, os experimentos de uso consuntivo foram os que mais se aproximaram do regime não alterado, enquanto que os de uso não consuntivo foram o que sofreram maiores alterações (ver Figura 22).

Figura 22: Vazão mínima de 7 dias para os experimentos de pequena e grande capacidade do regime perene



Fonte: Próprio autor

Nas **pequenas capacidades** dos experimentos de uso consuntivo, dois (experimento 4 e 8) apresentaram valores de vazão mínima de 7 dias próximos ao do regime não alterado. Os experimentos 3 e 5 apresentaram valores menores que a metade da vazão do regime não alterado. Quanto aos experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7), as alterações na vazão foram grandes. Os valores passaram a ser quase oito vezes maiores que o do regime não alterado.

Para as **grandes capacidades**, assim como nas barragens de pequena capacidade de armazenamento, os experimentos de uso consuntivo foram os que mais se aproximaram do regime não alterado, enquanto que os de uso não consuntivo foram o que sofreram maiores alterações.

Para os experimentos de uso consuntivo, dois (experimento 3 e 5) apresentaram valores próximos ao do regime não alterado, apesar de ser quase duas vezes maior. Os experimentos 4 e 8 apresentaram valores cinco vezes maiores que a vazão do regime não alterado.

Quanto aos experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7), as alterações na vazão foram grandes. Os valores passaram a ser quase vinte nove vezes maiores que o do regime não alterado.

Para este parâmetro, independentemente da capacidade de armazenamento, os experimentos que consideram o uso não consuntivo apresentaram uma grande alteração devido a uma maior magnitude de disponibilidade de água à jusante, maior do que no regime não alterado.

6.4.2.2. Alterações na vazão mínima de 7 dias do regime intermitente

No regime intermitente, o valor da vazão mínima de 7 dias é quase dez vezes inferior ao do regime perene. Apesar disto, para este parâmetro os experimentos de uso consuntivo foram também os que menos sofreram alterações e mais se aproximaram do regime não alterado, enquanto que os de uso não consuntivo foram os que sofreram maiores alterações (ver Figura 23).

Nas pequenas capacidades, dentre os experimentos de uso consuntivo, dois (experimento 3 e 5) apresentaram valores próximos ao do regime não alterado, apesar de ser quase quatro vezes maior. Os experimentos 4 e 8 apresentaram valores dez vezes maiores que a vazão do regime não alterado.

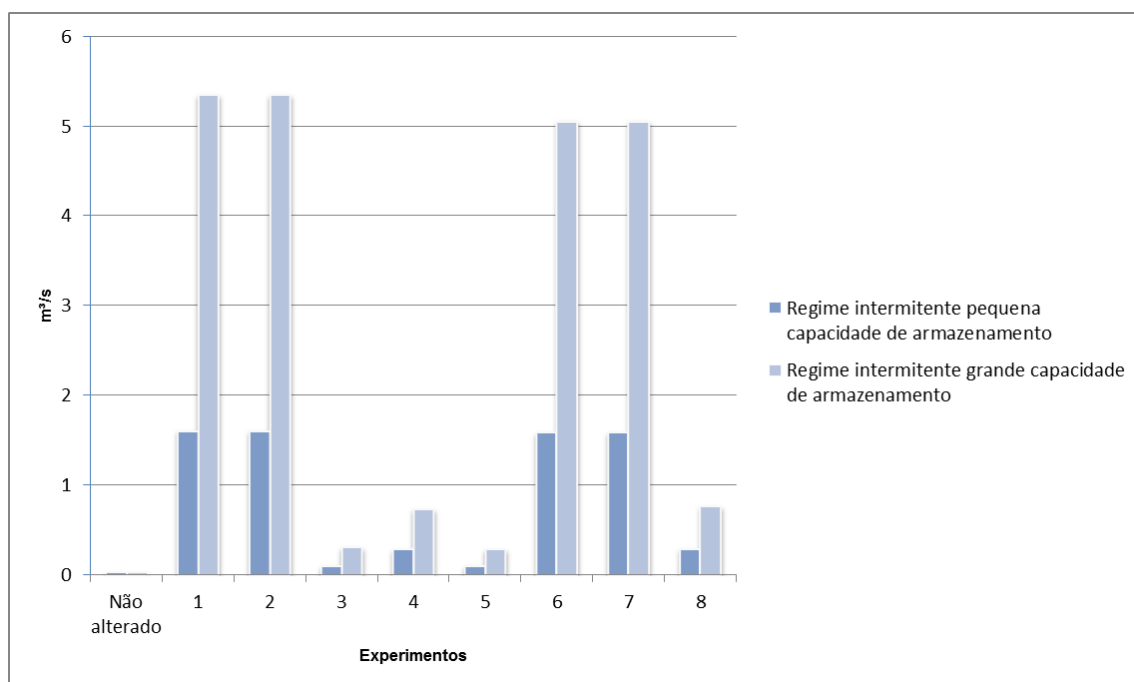
Quanto aos experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7), as alterações na vazão foram grandes. Os valores passaram a ser quase sessenta vezes maiores que o do regime não alterado.

Para as **grandes capacidades**, assim como nas barragens de pequena capacidade de armazenamento, os experimentos de uso consuntivo foram os que mais se aproximaram do regime não alterado. Porém, a magnitude da vazão do regime não alterado é tão pequena que, com relação à vazão apresentada pelos experimentos, o valor parece ser zero. Os experimentos de uso não consuntivo foram o que sofreram maiores alterações.

Para os experimentos de uso consuntivo, dois (experimento 3 e 5) apresentaram valores onze vezes maior do que o regime não alterado, enquanto os experimentos 4 e 8 apresentaram valores quase vinte e oito vezes maior. Quanto aos experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7), as alterações na vazão foram grandes. Os valores passaram a ser quase duzentas e duas vezes maiores que o do regime não alterado.

Para este parâmetro, assim como no regime perene independentemente da capacidade de armazenamento, os experimentos que consideram o uso não consuntivo apresentaram uma grande alteração devido a uma maior magnitude de disponibilidade de água à jusante, maior do que no regime não alterado.

Figura 23: Vazão mínima de 7 dias para os experimentos de pequena e grande capacidade do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

6.4.3. Grupo 3 (tempo de ocorrência das vazões anuais extremas)

Nesta seção, são apresentadas as alterações nas data de ocorrência das vazões máximas e mínimas devido às pequenas e grandes capacidades de armazenamento, considerando os regime perene e intermitente. Para uma

melhor visualização dos resultados, foram criadas tabelas com os dias Julianos das máximas e mínimas e os respectivos meses do ano que ocorreram.

6.4.3.1. Alterações no Grupo 3 para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene

Conforme apresentado no Quadro 17, nenhum experimento apresentou o **dia da mínima** igual ao regime natural, porém somente dois experimentos (experimento 4 e 8) apresentaram grandes alterações fazendo com que o dia de ocorrência da mínima mudasse de mês (de setembro para outubro). Estes experimentos tem em comum a demanda consuntiva e 20% de vazão remanescente.

Quadro 17: Dia e mês da máxima e da mínima para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene

Experimento	Dia mínima	Mês	Dia da máxima	Mês
Não alterado	260	Setembro	313	Novembro
1	263	Setembro	313	Novembro
2	263	Setembro	313	Novembro
3	265	Setembro	318	Novembro
4	275	Outubro	318	Novembro
5	265	Setembro	318	Novembro
6	264	Setembro	313	Novembro
7	264	Setembro	313	Novembro
8	275	Outubro	318	Novembro

Fonte: Próprio autor

Ocorreram agrupamentos dos experimentos de uso não consuntivo e consuntivo, sendo que as menores alterações nos dias da mínima foram nos pares de experimentos 1 e 2 (em comum a demanda consuntiva e vale encaixado), 6 e 7 (em comum demanda não consuntiva e vale aberto) e 3 e 5 (em comum demanda consuntiva e 5% de vazão remanescente). Nos experimentos 4 e 8 (em comum demanda consuntiva e 20% de vazão remanescente) houve alteração no mês de ocorrência da mínima.

Com relação ao **dia da máxima** metade dos experimentos apresentaram o mesmo valor do regime não alterado (experimentos 1, 2, 6 e 7), estes foram os

experimentos de uso não consuntivo. Nos experimentos de uso consuntivo (experimentos 3, 4, 5 e 8) a alteração foi tão pequena (5 dias) que as máximas não deixaram de ocorrer no mesmo mês do regime não alterado.

6.4.3.2. Alterações no Grupo 3 para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene

Conforme apresentado no Quadro 18, assim como para as pequenas capacidades de armazenamento nenhum experimento apresentou o **dia da mínima** igual ao regime natural. Todos os experimentos apresentaram uma alteração no mês de ocorrência do dia da mínima (costumava ocorrer no mês de setembro e passou a ocorrer em outubro).

Ocorreram alguns agrupamentos de experimentos com a mesma resposta (ex. usos consuntivos e não consuntivos). Os experimentos que apresentaram a menor alteração no dia da mínima foram os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7), seguidos pelos de uso consuntivo (3, 4 e 5). O experimento 8 não agrupou-se e foi o que mais teve o dia da mínima alterado (a diferença entre os experimentos 3, 4 e 5 do 8 foi somente de um dia).

Quadro 18: Dia e mês da máxima e da mínima para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene

Experimento	Dia mínima	Mês	Dia da máxima	Mês
Não alterado	260	Setembro	313	Novembro
1	277	Outubro	243	Agosto
2	277	Outubro	243	Agosto
3	279	Outubro	245	Setembro
4	279	Outubro	243	Agosto
5	279	Outubro	245	Setembro
6	277	Outubro	244	Setembro
7	277	Outubro	244	Setembro
8	280	Outubro	243	Agosto

Fonte: Próprio autor

Com relação ao **dia da máxima**, diferentemente das pequenas capacidades de armazenamento, a data de ocorrência da vazão máxima foi antecipada dois ou

três meses em relação ao período não alterado. Ocorreram agrupamentos que misturaram experimentos de uso consuntivo e não consuntivo.

O grupo de experimentos que sofreu a menor alteração foi o 3 e 5 (uso consuntivo) seguido pelo 6 e 7 (uso não consuntivo). Ambas as máximas deixaram de ocorrer em novembro e passaram a ocorrer em setembro. Para os experimentos 1, 2, 4 e 8 (usos consuntivos e não consuntivos) a máxima deixou de ocorrer em novembro e passou a ocorrer em agosto.

6.4.3.3. Alterações no Grupo 3 para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente

Conforme apresentado no Quadro 19, nenhum experimento apresentou o **dia da mínima** igual ao regime natural. Todos os experimentos apresentaram uma antecipação no mês de ocorrência do dia da mínima em um ou dois meses antes do período não alterado (de novembro para setembro e outubro).

Quadro 19: Dia e mês da máxima e da mínima para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente

Experimento	Dia mínima	Mês	Dia da máxima	Mês
Não alterado	306	Novembro	352	Dezembro
1	283	Outubro	33	Fevereiro
2	283	Outubro	33	Fevereiro
3	270	Setembro	34	Fevereiro
4	273	Setembro	338	Dezembro
5	284	Outubro	34	Fevereiro
6	283	Outubro	33	Fevereiro
7	283	Outubro	33	Fevereiro
8	277	Outubro	338	Dezembro

Fonte: Próprio autor

Somente os experimentos de usos não consuntivos apresentaram um comportamento similar (experimento 1,2, 6 e 7), levando a mínima a ocorrer em outubro. As maiores alterações foram nos experimentos 3 e 4 (uso consuntivo), que não agruparam-se mas ambos tiveram a mínima alterada para o mês de setembro (a diferente entre estes experimentos é de 3 dias).

O experimento que apresentou a menor alteração no dia da mínima foi o 5 (uso consuntivo), o qual passou a ser em outubro. O experimento 8 (uso consuntivo) também levou a mudança no mês da mínima, que passou para o mês de outubro.

Com relação ao **dia da máxima**, na maior parte dos experimentos, a data de ocorrência foi adiada para o mês de fevereiro, sendo que apenas em dois experimentos o mês da máxima foi mantido dentro do mês, embora tenha antecipado a data (experimentos 4 e 8). Ocorreram agrupamentos para os experimentos consuntivos e os não consuntivos.

Para o agrupamento dos experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) a alteração foi tão grande que o dia da máxima foi atrasado por 2 meses com relação ao regime natural, deixando de ocorrer no mês de dezembro para acontecer em fevereiro.

Outro agrupamento de experimento que também apresentou o mesmo tipo de alteração dos experimentos (1, 2, 6 e 7) foram os experimentos 3 e 5 (uso consuntivo). A diferença entre estes experimentos para o dia da máxima é de um dia.

6.4.3.4. Alterações no Grupo 3 para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente

Conforme apresentado no Quadro 20, nenhum experimento apresentou o **dia da mínima** igual ao regime natural. Assim como nas pequenas capacidades de armazenamento, todos os experimentos apresentaram uma antecipação no mês de ocorrência do dia da mínima, ocorrendo em um ou dois meses antes do período não alterado.

Novamente, como nas pequenas capacidades de armazenamento, só ocorreram agrupamentos dos experimentos de uso não consuntivos (1, 2, 6 e 7), onde houve a menor alteração e a mínima ocorreu em outubro.

No experimento 3 (uso consuntivo), a mínima ocorreu também em outubro, dois dias antes da data dos experimento não consuntivos. Para os experimentos 4, 5 e 8, as alterações levaram o dia da máxima a ocorrer dois

meses antes do regime não alterado. Sendo que o experimento 8 foi o que teve o dia da mais máxima mais distante do regime não alterado.

Com relação ao **dia da máxima**, nenhum experimento apresentou a ocorrência no mesmo mês do regime não alterado. Pelo contrário, todos os experimentos sofreram grandes alterações na data de ocorrência da máxima. Na maior parte dos experimentos, a máxima foi adiantada quatro ou cinco meses antes da data do regime não alterado.

Dois experimentos apresentaram as maiores alterações, 1 e 2 (uso não consuntivo), levando a máxima a ocorrer cinco meses antes do período natural, no mês de julho. Para os experimentos, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 a máxima foi adiantada quatro meses antes do período do regime não alterado, sendo que somente os experimentos 3, 6 e 7 agruparam-se e para a ocorrência em agosto. Estes foram os que mais se distanciaram do regime não alterado, os demais experimentos não agruparam-se porém a diferença entre eles foi de poucos dias.

Quadro 20: Dia e mês da máxima e da mínima para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente

Experimento	Dia mínima	Mês	Dia da máxima	Mês
Não alterado	306	Novembro	352	Dezembro
1	276	Outubro	203	Julho
2	276	Outubro	203	Julho
3	274	Outubro	223	Agosto
4	263	Setembro	236	Agosto
5	267	Setembro	233	Agosto
6	276	Outubro	223	Agosto
7	276	Outubro	223	Agosto
8	248	Setembro	235	Agosto

Fonte: Próprio autor

6.4.3.4. Considerações sobre o Grupo 3 para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene e intermitente

Para este grupo o IHA apresentou uma limitação nos **experimentos de grande capacidade de armazenamento**: as data de ocorrência da vazão máxima e

mínima referente ao pós-impacto não foram coerentes com os meses de ocorrência apontados pelo gráfico das alterações do Grupo 1 (magnitude das vazões mensais), independentemente do regime hídrico. Este problema ocorreu principalmente para o dia de ocorrência da vazão máxima.

No manual do software os autores apontam que o método utilizado para o cálculo destes dois parâmetros pelo IHA funciona razoavelmente bem, porém as vezes alguns resultados podem não ser os ideais e foi isto que aconteceu para as grandes capacidades de armazenamento.

As regras de operação das grandes barragens dos cenários estudados geraram vários anos vazão constante na série referente ao período pós-impacto. Por a vazão ser constante ao longo do ano, o IHA não conseguiu calcular a ocorrência da vazão máxima e mínima atribuindo a data de ocorrência de ambos eventos para o dia 275.

Para as barragens de grande capacidade do regime perene a vazão foi constante em cerca de um terço dos anos da série pós-impacto (10 a 12 anos), enquanto para nas do regime intermitente cerca de metade dos anos da série pós-impacto (9 a 15 anos). Com isso o valor médio da ocorrência dos eventos extremos no período pós-impacto foi afetado. Para o regime perene, a magnitude média de ocorrência do dia da máxima definido pelo IHA foi cerca de 70 dias, enquanto que para o regime intermitente foi entre 116 a 149 a depender do experimento (ver Apêndice D).

A alteração no dia de ocorrência da vazão mínima estimada pelo IHA foi pequena, pois o dia 275 corresponde ao início do ano hidrológico, ou seja, final do período de estiagem. Desta maneira, existe a possibilidade do IHA ter subestimado a magnitude da alteração destes dois parâmetros. Para não mexer na metodologia do IHA, optou-se por manter a análise dos resultados da forma como foi calculada pelo aplicativo.

6.4.4. Grupo 4 (frequência e duração dos pulsos de vazões máximas e mínimas)

Nesta seção, serão apresentados os resultados de quatro parâmetros: número de pulsos de mínima e máxima em cada ano e a duração média destes pulsos anualmente. Os limites adotados para definição do valor dos pulsos da máxima e da mínima foram calculados automaticamente pelo IHA utilizando somente as séries do período pré-impacto.

Para o regime perene, independente da capacidade de armazenamento, o limiar dos pulsos de máxima foi de 25,3 m³/s e o limiar dos pulsos de mínima foi de 1,63 m³/s.

Para o regime intermitente, independente da capacidade de armazenamento, o limiar dos pulsos de máxima foi de 55,64 m³/s e o limiar dos pulsos de mínima foi de 0,28 m³/s.

6.4.4.1. Alterações no Grupo 4 para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene

Com relação ao **número de pulsos de mínima anual**, os experimentos que sofreram menor alteração foram os experimentos de uso consuntivo (ver Quadro 21). Os experimentos 3 e 5, apresentaram o mesmo número de pulsos do regime não alterado, enquanto que os experimentos 4 e 8 apresentaram uma alteração menor que meio pulso com relação ao regime não alterado.

Todos os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) apresentaram poucos anos com pulso de vazão mínima, evidenciando o aumento da disponibilidade de água o período seco a jusante da barragem e causando maior alteração no rio, pois o regime não alterado ocorriam cerca de 5 pulsos a cada ano.

Quadro 21: Alterações nos parâmetros do Grupo 4 para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene

Experimento	Número de pulsos de mínima anual	Duração média do pulso de mínima anual (dias)	Número de pulsos de máxima anual	Duração média do pulso de máxima anual (dias)
Não alterado	4,7	23	4,1	10
1	0,6	21	4,0	9
2	0,6	21	4,0	9
3	4,8	50	3,4	9
4	4,4	54	3,4	9
5	4,8	50	3,4	9
6	0,6	21	4,0	9
7	0,6	21	4,0	9
8	4,4	54	3,4	9

Fonte: Próprio autor

Para a **duração média do pulso de mínima anual**, fica clara a existência de um padrão antagônico entre os usos consuntivos e não consuntivos. Todos os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7), apresentaram um duração média um pouco menor que a do regime não alterado, enquanto os experimentos de uso consuntivo (3, 4, 5 e 8) a duração praticamente dobrou. A alteração foi um pouco maior para os experimentos 4 e 8.

O **número de pulsos de máxima anual** praticamente não sofreu alterações para os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7). Porém, para os experimentos de uso consuntivo (3, 4, 5 e 8), a alteração foi pequena e somente cerca de um pulso deixou de ocorrer a cada ano.

O comportamento da alteração da **duração média do pulso de máxima anual** foi o mesmo para todos os experimentos, ocorrendo um pulso a menos que o regime não alterado (de 10 dias passou a durar 9).

6.4.4.2. Alterações no Grupo 4 para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene

Com relação ao **número de pulsos de mínima anual**, tanto os experimentos de uso consuntivo quanto de uso não consuntivo sofreram grandes alterações (ver Quadro 22). Para os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7), as

alterações conduziram a praticamente à eliminação dos pulsos de mínima, enquanto nos experimentos de usos consuntivos (3, 4, 5 e 8) ocorreu apenas um pulso e meio a cada ano. No regime não alterado ocorriam cerca de cinco.

Para todos os experimentos, ocorreu um aumento de disponibilidade de água a jusante da barragem reduzindo ou praticamente zerando o número de pulsos de mínima e causando uma grande alteração do padrão natural.

Quadro 22: Alterações nos parâmetros do Grupo 4 para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene

Experimento	Número de pulsos de mínima anual	Duração média do pulso de mínima anual (dias)	Número de pulsos de máxima anual	Duração média do pulso de máxima anual (dias)
Não alterado	4,7	23	4,1	10
1	0,3	21	1,7	10
2	0,3	21	1,7	10
3	1,5	276	1,0	9
4	0,6	87	0,6	10
5	1,5	301	1,0	9
6	0,3	20	1,6	10
7	0,3	20	1,6	10
8	0,6	94	0,6	10

Fonte: Próprio autor

Para a **duração média do pulso de mínima anual**, assim como nas pequenas capacidades de armazenamento, fica clara a existência de um padrão contrário entre os usos consuntivos e não consuntivos. Todos os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) apresentaram um duração média um pouco menor que a do regime não alterado, enquanto que nos experimentos de uso consuntivo ocorreu uma enorme elevação. Para os experimentos 4 e 8, o valor é quatro vezes maior que o regime não alterado. As maiores alterações foram para os experimentos 3 e 5, que são doze e treze vezes maiores que o regime não alterado.

Quanto ao **número de pulsos de máxima anual**, nos experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7), este número foi reduzido a menos da metade dos pulsos que ocorriam no regime não alterado, enquanto que nos experimentos de uso consuntivo (3 e 5), ocorreram apenas $\frac{1}{4}$ dos pulsos, para os

experimentos (4 e 8) esse número foi ainda menor, passando a ocorrer cerca de meio pulso.

Para a **duração média do pulso de máxima anual**, a maior parte dos experimentos, independentemente do tipo de demanda, não sofreram alteração de duração. Somente os experimentos 3 e 5 sofreram alteração neste parâmetro, apesar de ter sido pequena.

6.4.4.3. Alterações no Grupo 4 para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente

Com relação ao **número de pulsos de mínima anual**, nos experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) este número foi drasticamente reduzido com relação ao regime não alterado: Antes ocorriam cerca de 24 pulsos e passou a ocorrer apenas cerca de 2 (ver Quadro 23). Dois experimentos de uso consuntivo (4 e 8) sofreram uma alteração similar: de 24 pulsos passou a ocorrer somente cerca de 4. Para estes seis experimentos, a quantidade de água liberada para jusante foi maior, reduzindo o número de pulsos de mínima. O número de pulsos foi reduzido a menos da metade nos experimentos de uso consuntivo 3 e 5.

Quadro 23: Alterações nos parâmetros do Grupo 4 para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente

Experimento	Número de pulsos de mínima anual	Duração média do pulso de mínima anual (dias)	Número de pulsos de máxima anual	Duração média do pulso de máxima anual (dias)
Não alterado	24,1	4	3,7	2
1	1,9	4	3,5	2
2	1,9	4	3,5	2
3	11,7	34	3,3	2
4	4,3	7	3,2	2
5	11,6	34	3,3	2
6	1,9	4	3,5	2
7	1,9	4	3,5	2
8	4,3	7	3,2	2

Fonte: Próprio autor

Para a **duração média do pulso de mínima anual**, os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) não sofreram alteração. Somente os experimentos de uso consuntivo foram afetados. A maior alteração foi nos experimentos 3 e 5, onde a duração média aumentou cerca de oito vezes com relação ao regime não alterado. Para os experimentos 4 e 8, a alteração foi pequena, menos que o dobro da duração sem alteração.

Quanto ao **número de pulsos de máxima anual**, os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7) praticamente não sofreram alteração. Enquanto para os experimentos de uso consuntivo (3, 4, 5 e 8) deixou de ocorrer cerca de meio pulso de máxima em cada ano.

A **duração média do pulso de máxima anual** não sofreu alterações em nenhum experimento.

6.4.4.4. Alterações no Grupo 4 para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente

Com relação ao **número de pulsos de mínima anual**, para seis experimentos (1, 2, 3, 5, 6 e 7) esse parâmetro foi alterado de tal forma que se arredondados poderia se dizer que deixaram de ocorrer pulsos de mínima, pois apenas aconteceram em um ou pouco mais anos (anteriormente eram 24 pulsos para o regime não alterado).

Em dois experimentos de uso consuntivo (4 e 8) ocorreram grandes alterações, porém ainda foram mantidos cerca de 3 ou 4 pulsos respectivamente. Assim como na pequena capacidade de armazenamento, após os barramentos a quantidade de água a jusante foi maior, reduzindo o número de pulsos de mínima (ver Quadro 24).

Para a **duração média do pulso de mínima anual**, ocorreram diversos tipos de alteração neste parâmetro, no sentido de aumentar e diminuir a duração média. Para os experimentos 1 e 2 (uso não consuntivo) a duração média foi reduzida à metade, enquanto nos outros experimentos a duração foi maior que a do regime não alterado. As maiores alterações foram nos experimentos 3, 4 e 5, onde a duração foi três vezes maior que do regime não alterado, enquanto

que para os experimentos 6 e 7 (uso não consuntivo) foram acrescentados apenas três dias a mais. Para o experimento 8, a alteração foi um pouco mais que o dobro do regime não alterado.

Quanto ao **número de pulsos de máxima em cada ano**, todos os experimentos tiveram o número de pulsos reduzidos. A maior alteração ocorreu para dois experimentos o 4 e 8 (uso consuntivo), onde o número de pulsos caiu para quase um (no regime não alterado ocorriam cerca de quatro). Para os outros seis experimentos (1, 2, 3, 4, 6 e 7), independentemente do tipo de demanda, o número de pulsos foi reduzido à metade.

Para a **duração média do pulso de máxima anual**, todos os experimentos apresentaram um aumento na duração. Nos experimentos 5 e 8 foi adicionado apenas mais um dia à duração e nos outros seis experimentos (1, 2, 3, 4, 6 e 7) a duração dobrou, passou de dois dias para quatro.

Quadro 24: Alterações nos parâmetros do Grupo 4 para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente

Experimento	Número de pulsos de mínima anual	Duração média do pulso de mínima anual (dias)	Número de pulsos de máxima anual	Duração média do pulso de máxima anual (dias)
Não alterado	24,11	4	3,7	2
1	0,04	2	1,9	4
2	0,04	2	1,9	4
3	0,37	12	1,7	4
4	3,33	12	1,3	4
5	0,44	12	1,7	3
6	0,11	7	1,7	4
7	0,11	7	1,7	4
8	3,59	9	1,3	3

Fonte: Próprio autor

6.4.5. Grupo 5 (taxa e frequência de mudança no hidrograma)

Este grupo é composto por três parâmetros ligados a características do hidrograma: a taxa de ascensão, taxa de recessão e número de reversões.

6.4.5.1. Alterações no Grupo 5 para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene

Para as pequenas capacidades o parâmetro **taxa de ascensão** não apresentou grandes alterações. Todos os experimentos sofreram um aumento pequeno na taxa e o aumento foi uniforme independentemente da demanda (ver Quadro 25).

Quadro 25: Alterações nos parâmetros do Grupo 5 para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene

Experimento	Taxa de ascensão [(m ³ /s)/dia]	Taxa de recessão [(m ³ /s)/dia]	Número de reversões
Não alterado	3	-0,8	50
1	4	-1,3	35
2	4	-1,3	35
3	4	-1,3	35
4	4	-1,2	34
5	4	-1,3	35
6	4	-1,3	35
7	4	-1,3	35
8	4	-1,2	34

Fonte: Próprio autor

Todos os experimentos também sofreram um leve aumento na **taxa de recessão**. Para os experimentos 1, 2, 3, 5, 6 e 7 a taxa passou de -0,8 para -1,3 (m³/s/dia). Para os experimentos 4 e 8 aumentou para -1,2 m³/s/dia.

Para as pequenas capacidades de armazenamento o **número de reversões** foi o parâmetro que sofreu maiores alterações, passando de 50 para 35. A diferença da alteração entre o grupo de experimentos 1, 2, 3, 5, 6 e 7 e o grupo de experimentos 4 e 8 foi de apenas uma reversão.

6.4.5.2. Alterações no Grupo 5 para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene

O comportamento com relação à **taxa de ascensão**, para os experimentos de grande capacidade, foi diferente das pequenas capacidades, sendo não uniforme e, para alguns experimentos, ocorreram altas alterações. Alguns

experimentos não sofreram alteração, como os 4 e 8. Os experimentos 6 e 7 sofreram maior alteração, com uma taxa pouco mais que o triplo do regime não alterado. Para os experimentos 1 e 2, essa alteração foi um pouco maior que o dobro do regime não alterado, enquanto nos experimentos 3 e 5 foi um pouco menos que o dobro (ver Quadro 26).

Quadro 26: Alterações nos parâmetros do Grupo 5 para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene

Experimento	Taxa de ascensão [(m ³ /s)/dia]	Taxa de recessão [(m ³ /s)/dia]	Número de reversões
Não alterado	3	-0,83	50
1	8	-1,83	10
2	8	-1,83	10
3	5	-1,63	9
4	3	-1,20	9
5	5	-1,63	9
6	10	-1,80	10
7	10	-1,80	10
8	3	-1,19	8

Fonte: Próprio autor

As alterações na **taxa de recessão** para os experimentos de uso não consuntivo (1, 2, 6 e 7), foram significativas e superiores às das pequenas capacidades. As taxas apresentaram um aumento um pouco maior do que o dobro do regime não alterado. Outros dois experimentos tiveram um comportamento similar, os experimentos 3 e 5, onde a taxa quase dobrou. Para os demais experimentos (4 e 8), ocorreu uma mudança na taxa parecida com as das pequenas capacidades, o aumento foi de 0,4 m³/s/dia.

Assim como nas pequenas capacidades de armazenamento, ocorreu uma grande alteração no **número de reversões**. Porém, para as grandes capacidades esta alteração foi muito mais acentuada: Passou a ocorrer cinco vezes menos a quantidade de reversões para todos os experimentos.

6.4.5.3. Alterações no Grupo 5 para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente

Todos os três parâmetros sofreram mudanças significativas: A **taxa de ascensão** praticamente dobrou em relação ao regime não alterado (ver Quadro 27).

Quadro 27: Alterações nos parâmetros do Grupo 5 para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente

Experimento	Taxa de ascensão [(m ³ /s)/dia]	Taxa de recessão [(m ³ /s)/dia]	Número de reversões
Não alterado	6	-5,85	156
1	13	-12,93	58
2	13	-12,93	58
3	13	-12,35	59
4	12	-11,26	58
5	13	-12,19	58
6	14	-12,80	58
7	14	-12,80	58
8	12	-11,30	59

Fonte: Próprio autor

Quanto à **taxa de recessão**, a maior parte dos experimentos também tiveram o valor da taxa dobrado, apenas o experimento 4 exibiu um valor de alteração um pouco menor que o dobro.

Para o **número de reversões**, as alterações foram grandes. Todos os experimentos sofreram uma redução no número de reversões e passaram a ter menos da metade do valor do regime não alterado.

6.4.5.4. Alterações no Grupo 5 para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente

As alterações nos três parâmetros para as grandes capacidades foi muito maior que nas de pequena capacidade de armazenamento. Novamente, os três parâmetros sofreram altas alterações (ver Quadro 28).

Quadro 28: Alterações nos parâmetros do Grupo 5 para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente

Experimento	Taxa de ascensão [(m ³ /s)/dia]	Taxa de recessão [(m ³ /s)/dia]	Número de reversões
Não alterado	6	-5,9	156
1	36	-36,8	12
2	36	-36,8	12
3	29	-30,7	12
4	23	-21,1	27
5	32	-31,3	12
6	34	-36	12
7	34	-36	12
8	22	-21,4	27

Fonte: Próprio autor

Para a **taxa de ascensão**, as maiores alterações ocorreram para os experimentos de demanda não consuntiva. O valor aumentou cerca de seis vezes com relação ao regime não alterado para a maioria dos experimentos. No experimento 3, o aumento da taxa foi cerca de cinco vezes a do regime não alterado, enquanto que nos experimentos 4 e 8 o aumento foi um pouco mais que três vezes.

O comportamento da **taxa de recessão**, foi similar ao da taxa de ascensão e as maiores alterações também ocorreram nos experimentos de demanda não consuntiva (1, 2, 6 e 7). A taxa para estes quatro experimentos também aumentou cerca de seis vezes o valor da taxa do regime não alterado. Para os experimentos de uso consuntivo, o par 3 e 5 sofreram um aumento de cinco vezes a taxa e o par 4 e 8 cerca de três vezes.

Para o **número de reversões**, as grandes capacidades sofreram uma alteração mais acentuada que as pequenas capacidades. Para os experimentos 1, 2, 3, 5, 6 e 7, o número de reversões foi treze vezes menor que o regime não alterado. Os experimentos 4 e 8 sofreram uma redução de seis vezes.

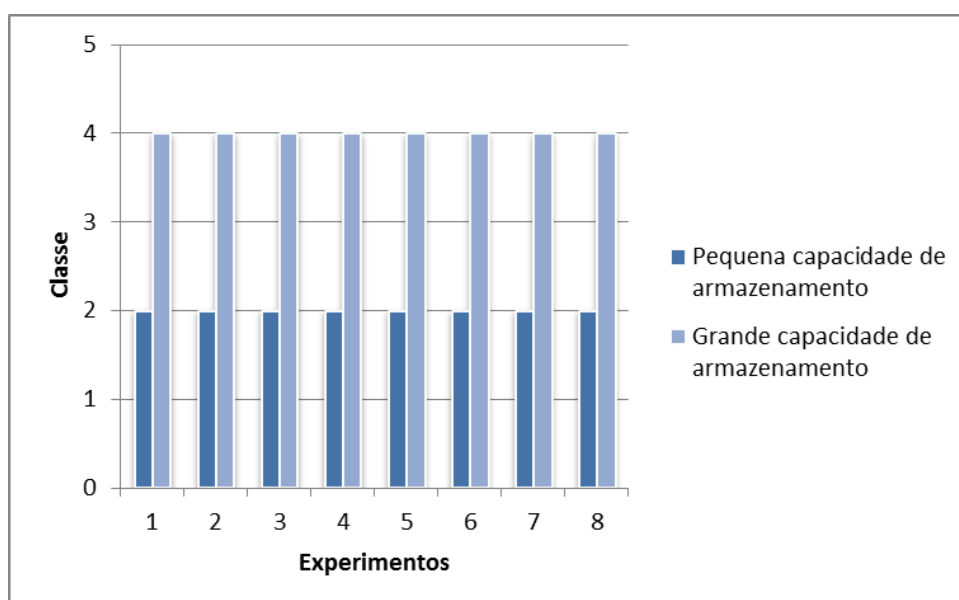
6.5. Classificação das alterações hidrológicas

Para a classificação das alterações foi aplicado o método do DHRAM. A seguir serão apresentados os resultados obtidos com foco nos pontos de impacto e classificação final. As tabelas com o resultado do DHRAM para os 32 experimentos estão no Apêndice E.

6.5.1. Regime Perene

A resposta desta metodologia para as barragens de pequena capacidade de armazenamento com relação à classificação final foi a mesma, assim como as de grande capacidade de armazenamento (ver Figura 24).

Figura 24: Classificação final dos experimentos do regime perene



Fonte: Próprio autor

Todas as barragens de pequena capacidade foram classificadas como Classe 2 (baixo risco de impacto), enquanto todas as de grande capacidade como Classe 4 (alto risco de impacto).

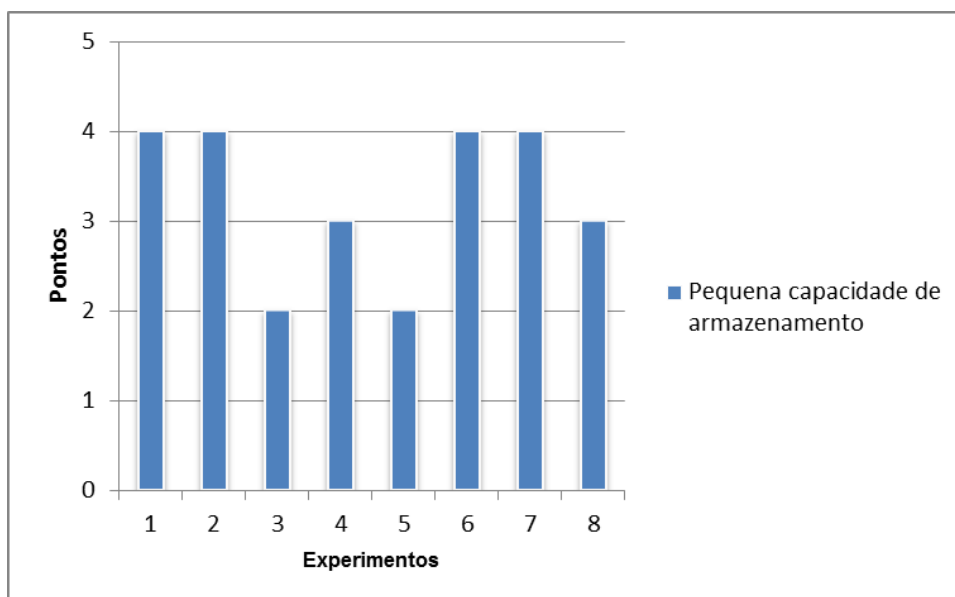
Alguns experimentos apresentaram o valor da vazão mínima do período pós-impacto tão pequeno que poderia ser considerado zero e isso faria com que fosse adicionada às suas classificações finais mais uma classe. Porém, pelo IHA não ter considerado o valor como causador de vazão nula nenhum experimento teve sua classe alterada por esse motivo.

6.5.1.1. DHRAM para as barragens de pequena capacidade de armazenamento de regime perene

Conforme dito anteriormente, todos os experimentos das **pequenas capacidades de armazenamento** ficaram classificados como Classe 2 (baixo risco de impacto). Esta classe compreende a faixa de 1 a 4 pontos de impacto.

Os experimentos de pequena capacidade de armazenamento apresentaram de 2 a 4 pontos de impacto, sendo que a metade dos experimentos apresentaram 4 pontos de impacto, ficando no limiar entre a classe 2 e 3. A outra metade apresentou 2 a 3 pontos. Os grupos do IHA que apresentaram alterações foram o Grupo 1, 2 e 4. Alguns experimentos agruparam-se com o mesmo valor de pontos de impacto de acordo com a demanda consuntiva e não consuntiva (ver Figura 25).

Figura 25: Pontos de impacto dos experimentos de pequena capacidade de armazenamento do regime perene



Fonte: Próprio autor

Experimento 1, 2, 6 e 7 (DNC): Estes quatro experimentos apresentaram 4 pontos de impacto. Esta quantidade de pontos foi obtida pela alteração na Média do Grupo 2 e no CV do Grupo 4. O Grupo 1, 3 e 5 não sofreram alterações que conduzissem a pontos de impacto. Porém, as alterações na Média do Grupo 2 foram consideradas como percentual alto de alteração na

mudança dos parâmetros do IHA, enquanto que no grupo 4 o percentual de alteração foi baixo.

O Grupo 2 representa a magnitude e duração das condições de vazões anuais extremas, ou seja, as vazões máximas e mínimas 1, 3, 7, 30, 60 e 90 dias sofreram grandes alterações. O Grupo 4 representa frequência e duração dos pulsos de vazões altas e baixas.

Experimento 3 e 5 (DC/ VR5): Estes experimentos apresentaram 2 pontos de impacto devido a uma alteração no Grupo 1. O Grupo 1 representa uma alteração na magnitude das condições das vazões médias mensais.

Experimento 4 e 8 (DC/ VR20): Estes experimentos apresentaram 3 pontos de impacto devido a alterações no Grupo 1 e no Grupo 4.

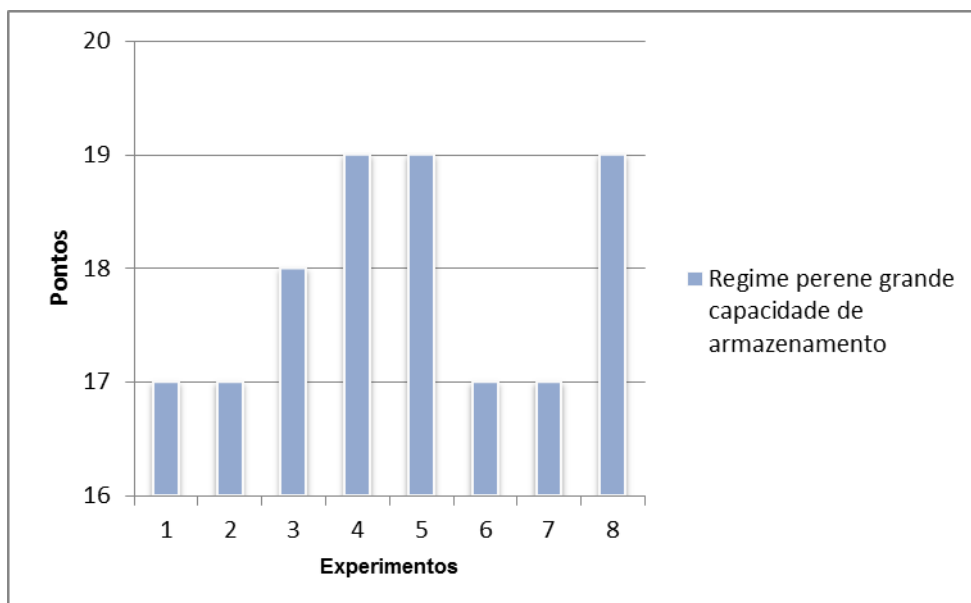
O Grupo 1 recebe destaque por que gerou um ponto de impacto para a Média e um para o CV. O que fez a diferença nesses experimentos foi a alteração no Grupo 4 (representa frequência e duração dos pulsos de vazões altas e baixas) somando mais um ponto devido a alteração na Média.

6.5.1.2. DHRAM para as barragens de grande capacidade de armazenamento de regime perene

Com relação as **grandes capacidades de armazenamento**, todos os experimentos foram classificados como classe 4 (alto risco de impacto), esta classe compreende a faixa de 11 a 20 pontos de impacto.

Os experimentos apresentaram de 17 a 19 pontos de impacto, sendo que mais da metade dos experimentos (cinco) apresentaram 17 pontos de impacto, somente um apresentou 18 pontos e três 19 pontos (ver Figura 26).

Figura 26: Pontos de impacto dos experimentos de grande capacidade de armazenamento do regime perene



Fonte: Próprio autor

Todos os experimentos apresentaram alterações na distribuição temporal das vazões e nas características de forma do hidrograma. Todos os cinco grupos do IHA sofreram alterações.

Experimento 1, 2, 6 e 7 (DNC): Apresentaram 17 pontos de impacto. Como os cinco grupos sofreram alterações serão analisados um a um:

- ✓ *Grupo 1:* todos os experimentos apresentaram um percentual de alteração baixo na Média e CV deste grupo.
- ✓ *Grupo 2:* todos os experimentos apresentaram um percentual de alteração alto na Média e nulo no CV.
- ✓ *Grupo 3:* todos os experimentos apresentaram uma baixa alteração na Média e CV.
- ✓ *Grupo 4:* todos os experimentos apresentaram um percentual de alteração baixo para a Média e alto para o CV.
- ✓ *Grupo 5:* todos os experimentos apresentaram um percentual de alteração alto para a Média e CV.

Experimento 4 e 8 (DC/ VR20): Estes experimentos que apresentaram 19 pontos de impacto. Como os cinco grupos sofreram alterações iguais na Média e CV, estas alterações serão descritas a seguir:

- ✓ *Grupo 1*: os experimentos apresentaram um percentual de alteração alto na Média e baixo no CV.
- ✓ *Grupo 2*: os experimentos apresentaram um percentual de alteração alto na Média e nulo no CV.
- ✓ *Grupo 3*: os experimentos apresentaram um percentual de alteração baixo na Média e CV.
- ✓ *Grupo 4*: os experimentos apresentaram um percentual de alteração alto na Média e CV.
- ✓ *Grupo 5*: os experimentos apresentaram um percentual de alteração baixo na Média e alto no CV.

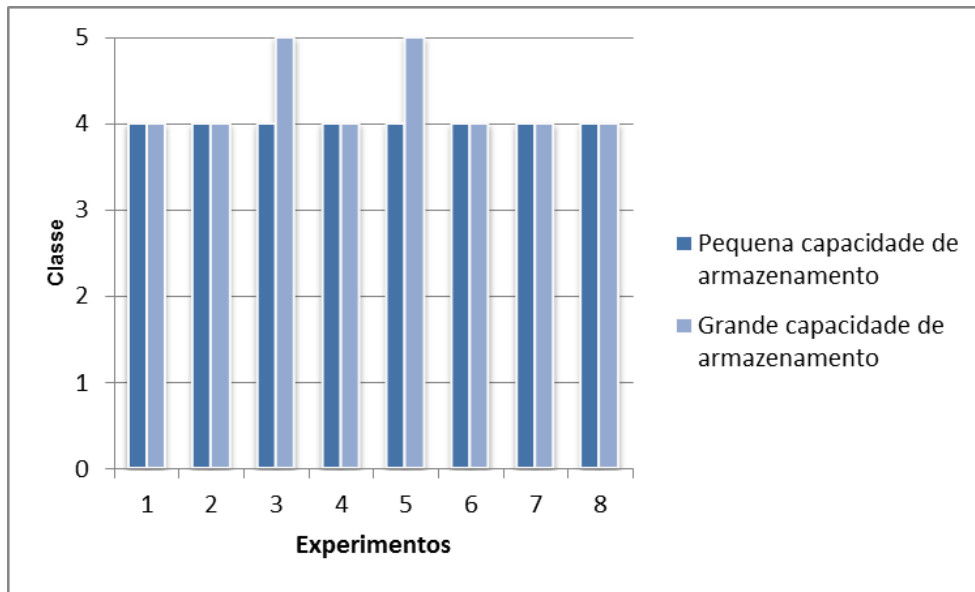
Experimento 3 e 5 (DC/ VR5): O experimento 3 apresentou 18 pontos de impacto e o 5 ficou com 19. O que causou o experimento 5 ter um ponto a mais foi maior alteração na Média do grupo 5. Como os cinco grupos sofreram alterações são analisados um a um:

- ✓ *Grupo 1*: os experimentos apresentaram um percentual de alteração alto na Média e intermediário no CV.
- ✓ *Grupo 2*: O comportamento deste grupo foi totalmente diferente entre os experimentos.
- ✓ *Grupo 3*: em ambos experimentos o comportamento foi igual um percentual de alteração baixo na Média e CV.
- ✓ *Grupo 4*: as médias em ambos experimentos apresentaram um percentual de alteração alto.
- ✓ *Grupo 5*: O percentual de alteração da Média entre os experimentos foi diferente. Para o experimento 3 foi baixo, enquanto que para o 5 foi intermediário. Em ambos os experimentos o percentual de alteração do CV foi intermediário.

6.5.2. Regime Intermitente

A resposta desta metodologia para as barragens de pequena capacidade de armazenamento com relação à classificação final foi a mesma, enquanto alguns experimentos para as barragens de grande capacidade de armazenamento apresentaram classes diferentes (ver Figura 27).

Figura 27: Classificação final dos experimentos do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

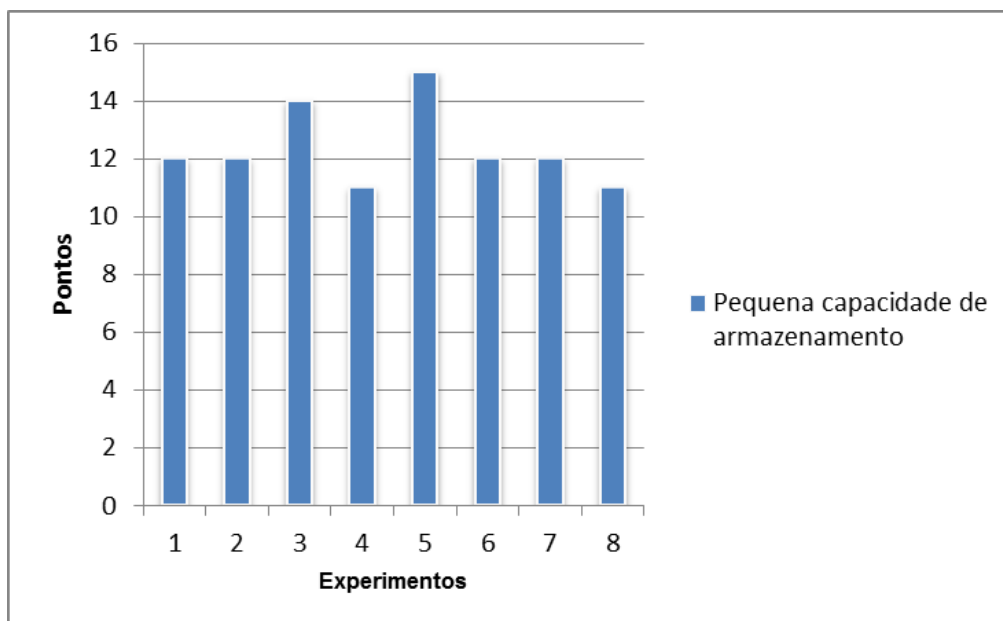
Todas as pequenas capacidades de armazenamento foram classificadas como Classe 4 (alto risco de impacto), enquanto a maior parte das de grande capacidade como Classe 4 (alto risco de impacto) e em dois experimentos como Classe 5 (condição severamente impactada).

6.5.2.1. DHRAM para as barragens de pequena capacidade de armazenamento de regime intermitente

Conforme dito anteriormente todos os experimentos das **pequenas capacidades de armazenamento** ficaram classificados como Classe 4 (alto risco de impacto), esta classe compreende a faixa de 11 a 20 pontos de impacto.

Os experimentos de pequena capacidade de armazenamento apresentaram de 11 a 15 pontos de impacto. Dois experimentos apresentaram 11 pontos de impacto, metade experimentos apresentaram 12 pontos de impacto e os outros dois apresentaram 14 e 15 pontos respectivamente (ver Figura 28).

Figura 28: Pontos de impacto dos experimentos de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

Todos os experimentos apresentaram alterações em algum dos grupos relacionados a distribuição temporal das vazões e nas características de forma do hidrograma. Alguns experimentos não sofreram alteração no Grupo 1, tais como o experimento 1, 2, 6 e 7, outros não sofreram no Grupo 3, como 4 e 8 e os experimentos 3 e 5 sofreram alterações nos cinco grupos.

Experimento 1, 2, 6 e 7 (DNC): Apresentaram 12 pontos de impacto. Quatro Grupos (2, 3, 4 e 5) sofreram alteração suficiente para gerar pontos de impacto. Para todos os experimentos os percentuais de alteração na média e coeficiente de variação foram iguais. A seguir é feito um comentário sobre as alterações:

- ✓ *Grupo 1:* os experimentos não apresentaram pontos de impacto.
- ✓ *Grupo 2:* os experimentos apresentaram um percentual de alteração alto na Média e nulo no CV.
- ✓ *Grupo 3:* todos os experimentos apresentaram uma baixa alteração na Média e CV.
- ✓ *Grupo 4:* os experimentos apresentaram um percentual de alteração nulo para a Média e alto para o CV.
- ✓ *Grupo 5:* os experimentos apresentaram um percentual de alteração intermediário para a Média e CV.

Experimento 3 e 5 (DC/ VR5): O experimento 3 apresentou 14 pontos de impacto e o 5 apresentou 15. Todos os grupos sofreram alterações. A única diferença na alteração foi no percentual de alteração do CV no grupo 3. A seguir é feito um comentário sobre as alterações:

- ✓ *Grupo 1*: para os dois experimentos o percentual de alteração baixo na Média e CV.
- ✓ *Grupo 2*: para os dois experimentos o percentual de alteração alto na Média e nulo no CV.
- ✓ *Grupo 3*: para os dois experimentos o percentual de alteração baixo para a Média, mas para o experimento 3 foi nulo no CV e baixo para o 5.
- ✓ *Grupo 4*: para os dois experimentos o percentual de alteração foi alto para a Média e baixo no CV.
- ✓ *Grupo 5*: para os dois experimentos o percentual de alteração intermediário na Média e CV.

Experimento 4 e 8 (DC/ VR20): Apresentaram 11 pontos de impacto. Somente quatro Grupos sofreram alterações (1, 2, 4 e 5). Para os dois experimentos os percentuais de alteração na média e coeficiente de variação foram iguais. A seguir é feito um comentário sobre as alterações:

- ✓ *Grupo 1*: os experimentos apresentaram um percentual de alteração baixo na Média e CV.
- ✓ *Grupo 2*: os experimentos apresentaram um percentual de alteração alto na Média e nulo no CV.
- ✓ *Grupo 3*: os experimentos não apresentaram pontos de impacto.
- ✓ *Grupo 4*: os experimentos apresentaram um percentual de alteração baixo para a Média e intermediário para o CV.
- ✓ *Grupo 5*: os experimentos apresentaram um percentual de alteração baixo para a Média e intermediário para o CV.

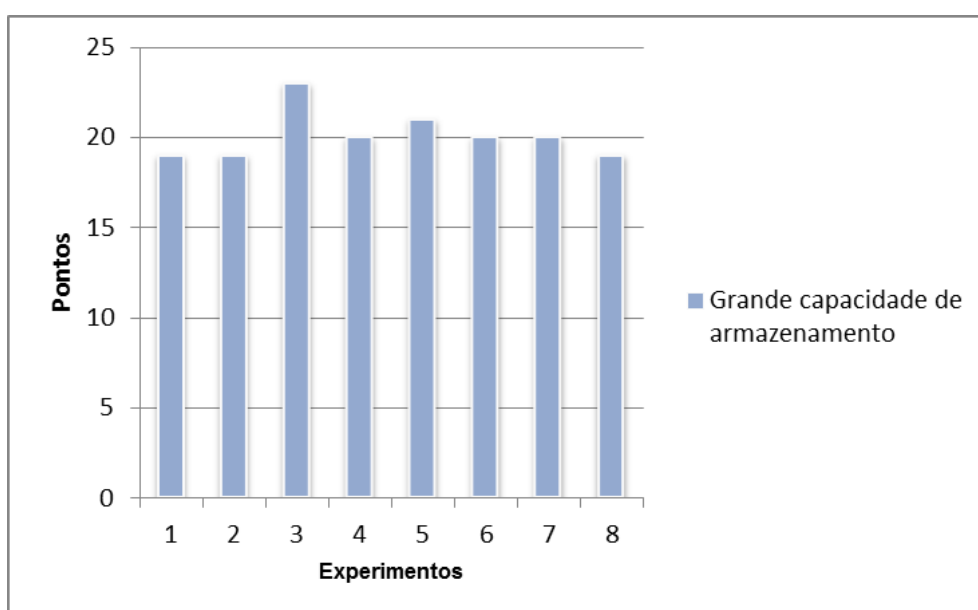
6.5.2.2. DHRAM para as barragens de grande capacidade de armazenamento de regime intermitente

Com relação as **grandes capacidades de armazenamento**, a maior parte dos experimentos foram classificados como classe 4 (alto risco de impacto), esta

classe compreende a faixa de 11 a 20 pontos de impacto e apenas dois experimentos foram classificados como classe 5 (condição severamente impactada), classe esta que compreende a faixa de 21 a 30 pontos de impacto.

Os experimentos de grande capacidade de armazenamento apresentaram de 19 a 23 pontos de impacto. Dois experimentos apresentaram 19 pontos de impacto, três experimentos apresentaram 20 pontos de impacto e os outros dois apresentaram 21 e 23 pontos respectivamente (ver Figura 29).

Figura 29: Pontos de impacto dos experimentos de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

Todos os experimentos apresentaram alterações em todos os grupos.

Experimento 1, 2, 6 e 7 (DNC): Os experimentos 1 e 2 apresentaram 19 pontos de impacto e os experimentos 6 e 7 apresentaram 20. Todos os grupos sofreram alterações. O que levou os experimentos 6 e 7 a terem um ponto a mais foi uma alteração na média do grupo 4. A seguir é feito um comentário sobre as alterações:

- ✓ *Grupo 1:* para todos os experimentos o percentual de alteração apresentado foi baixo para a Média e CV.
- ✓ *Grupo 2:* para todos os experimentos o percentual de alteração foi alto na Média e nulo no CV.

- ✓ *Grupo 3*: para todos os experimentos o percentual de alteração foi intermediário para a Média e CV.
- ✓ *Grupo 4*: para os experimentos 1 e 2 o percentual de alteração na Média foi baixo, enquanto que para os experimentos 6 e 7 foi intermediário. Em todos os experimentos o percentual de alteração do CV foi alto.
- ✓ *Grupo 5*: para todos os experimentos o percentual de alteração foi alto na Média e CV.

Experimento 3 e 5 (DC/ VR5): O experimento 3 sofreu mais alteração que o experimento 5, por isso apresentou 23 pontos de impacto e o 5 ficou com 21. A principal diferença entre estes experimentos foi no CV do Grupo 3. Todos os grupos sofreram alterações. A seguir é feito um comentário sobre as alterações:

- ✓ *Grupo 1*: os dois experimentos apresentaram um percentual de alteração intermediário na Média e CV.
- ✓ *Grupo 2*: os dois experimentos apresentaram um percentual de alteração alto na Média e nulo no CV.
- ✓ *Grupo 3*: os dois experimentos apresentaram um percentual de alteração intermediário para a Média, enquanto o experimento 3 obteve uma alteração intermediária no CV e o 5 nula.
- ✓ *Grupo 4*: os dois experimentos apresentaram um percentual de alteração alto para a Média e CV.
- ✓ *Grupo 5*: os dois experimentos apresentaram um percentual de alteração alto para a Média e CV.

Experimento 4 e 8 (DC/ VR20): O experimento 4 apresentou 20 pontos de impacto e o 8 ficou com 19. Todos os grupos sofreram alterações. Os experimentos se diferenciaram pelo experimento 4 apresentar um ponto a mais na alteração da média do Grupo 4 . A seguir é feito um comentário sobre as alterações:

- ✓ *Grupo 1* os dois experimentos apresentaram um percentual de alteração foi intermediário na Média e baixo no CV.
- ✓ *Grupo 2*: os dois experimentos apresentaram um percentual de alteração foi alto na Média e nulo no CV.

- ✓ *Grupo 3*: os dois experimentos apresentaram um percentual de alteração foi intermediário na Média e nulo no CV.
- ✓ *Grupo 4*: Enquanto que no experimento 4 o percentual de alteração foi alto na Média, no experimento 8 foi intermediário. Para o CV o percentual de alteração foi alto nos dois experimentos.
- ✓ *Grupo 5*: para os dois experimentos o percentual de alteração foi alto na Média e CV.

6.5.3. Comparação entre os regimes

A seguir é feita uma comparação entre os regimes com base na classificação final do DHRAM e nos pontos de impacto obtidos.

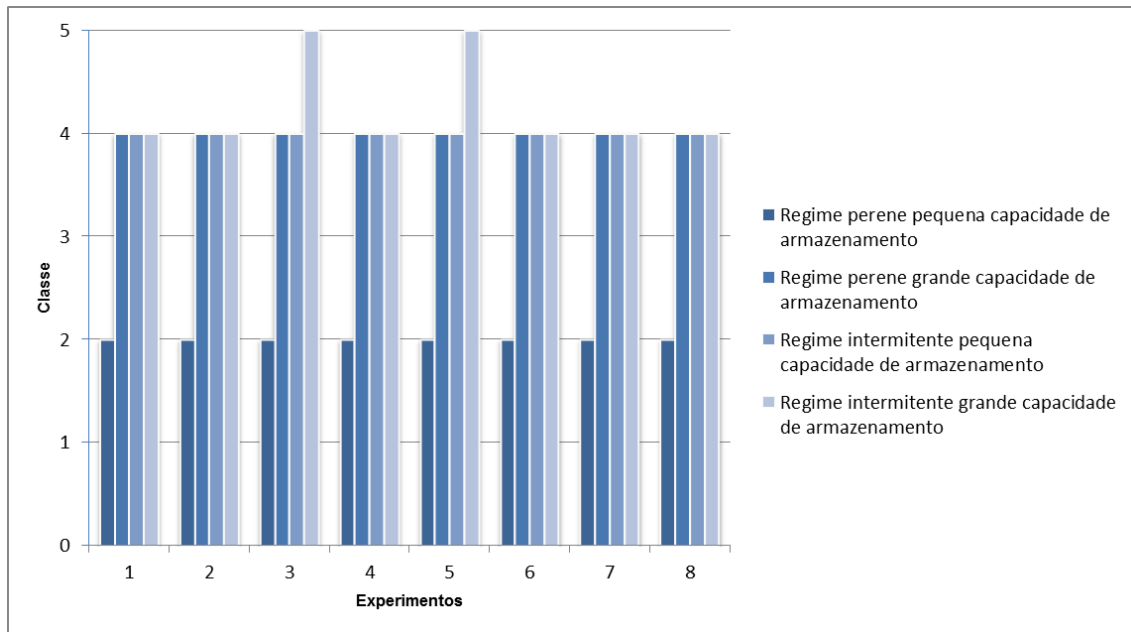
Com relação à classificação final do DHRAM, 25% dos experimentos, foram classificados como Classe 2 (baixo risco de impacto), todos estes pertencentes aos casos de pequenas capacidades de armazenamento do regime perene.

Cerca de 69% dos experimentos, dentre eles, todos os experimentos das grandes capacidades de armazenamento do regime perene, todos das pequenas e seis das grandes capacidades do regime intermitente foram classificados como Classe 4 (alto risco de impacto).

Cerca de 7% dos experimentos, foram classificados como Classe 5 (condição severamente impactada), estes dois experimentos fizeram parte das grandes capacidades de armazenamento do regime intermitente. A seguir foi plotado um gráfico com as classificações final do DHRAM para os distintos regimes e suas diferentes capacidades de armazenamento, ver Figura 30.

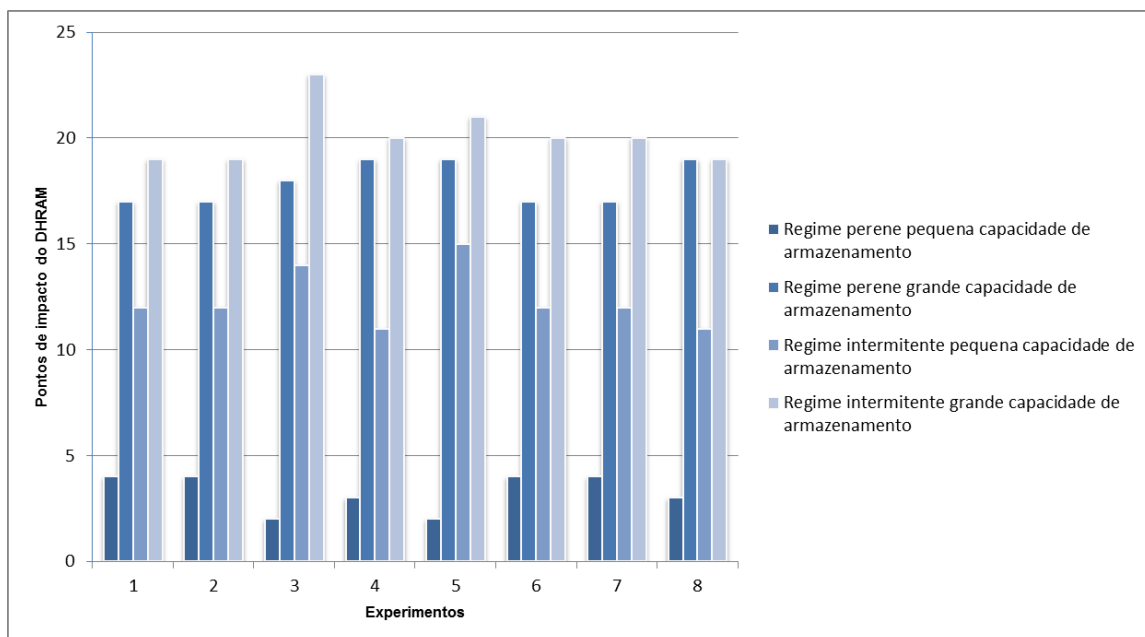
Para os pontos de impacto, os experimentos de pequena capacidade de armazenamento do regime perene e intermitente apresentaram as menores pontuações (ver Figura 31), porém somente as pequenas capacidades do regime perene ficaram com pontos de impacto compatíveis com os da Classe 2.

Figura 30: Resumo das classificações finais do DHRAM obtidas pelos dois regimes



Fonte: Próprio autor

Figura 31: Resumo dos pontos de impacto obtido nos dois regimes



Fonte: Próprio autor

As grandes capacidades de armazenamento dos dois regimes foram as que apresentaram maior quantidade de pontos de impacto. Vale a pena destacar a quantidade de pontos obtidas pelos experimentos 3 e 5 para as grandes capacidade do regime intermitente, pois foram os maiores pontos de impacto de todos os experimentos e os únicos a serem classificados como classe 5.

Para todas as capacidades de armazenamento a quantidade de pontos de impacto do regime intermitente foi superior a do perene.

6.5.4. Considerações sobre o DHRAM para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene e intermitente

Apesar de terem sido adotados os resultados do IHA como base para esta análise, ressalta-se que devido ao fato de ocorrência de anos de vazão constante nos **experimentos de grande capacidade** ser uma grande alteração no regime hidrológico, os pontos de impacto que foram atribuídos à Média e ao CV do Grupo 3 das barragens de grande capacidade de armazenamento devem estar subestimados (total de 2 pontos no regime perene e de 2 a 4 pontos no regime intermitente – no máximo seriam 6 pontos).

6.6. Análise de sensibilidade das alterações às variáveis de projeto

Com o uso do planejamento fatorial procurou-se filtrar um conjunto de fatores e aprender qual/quais produzem um efeito (individual e combinado), além de estimar a magnitude dos efeitos. Relembrando o capítulo 5. Metodologia, foram utilizados os extremos para cada variável de projeto e estes estão simbolizados na matriz da análise fatorial por -1 ou 1, conforme apresentando no Quadro 29.

Quadro 29: Relação do símbolo -1 e +1 ao extremo do fator na análise fatorial

Simbologia	Fator		
	Demanda	Tipologia	Vazão Remanescente
- 1	Demanda não consuntiva	Vale encaixado	5% da vazão com 90% de garantia
1	Demanda consuntiva	Vale aberto	20% da vazão com 90% de garantia

Fonte: Próprio autor

Primeiramente são apresentados os resultados das matrizes cujas respostas dos efeitos estão relacionadas aos pontos de impacto do DHRAM e em seguida aquelas relacionadas as médias dos percentuais de mudança de cada grupo do IHA calculados no DHRAM.

Em todas as análises o nível de significância estatística ou α (alfa) adotado foi de 0,05. Os resultados do regime perene e intermitente são discutidos em um primeiro momento separadamente e em seguida há um tópico destinado à comparação entre os resultados dos dois regimes.

6.6.1. Regime Perene

6.6.1.1. Efeito dos fatores e das suas combinações para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene

Os fatores como demanda, vazão remanescente e a interação entre esses fatores apresentaram efeito, enquanto que a tipologia e suas combinações não apresentaram efeito significativo. O efeito de cada fator e suas combinações encontram-se no Quadro 30.

Quadro 30: Efeitos individuais e de interação dos fatores para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene

Fator	Efeito
Demanda	-1,5
Tipologia	0
Vazão Remanescente	0,5
Demanda* Tipologia	0
Demanda* Vazão Remanescente	0,5
Tipologia* Vazão Remanescente	0
Demanda* Tipologia* Vazão Remanescente	0

Fonte: Próprio autor

Para ilustrar como o *Minitab* calculou os efeitos e magnitudes dos fatores segue um exemplo do passo a passo para este conjunto de experimentos no Quadro 31 e 32.

Quadro 31: Passo 1, definição da matriz do resultado dos experimentos sobre a variável em estudo e a sequência do Y

Experimento	Fatores			Variável em estudo	Y
	Demanda (Fator 1)	Tipologia (Fator 2)	Vazão Remanescente (Fator 3)	Pontos do DHRAM	
1	-247795,2	600	0,17925	4	Y1
2	-247795,2	600	0,717	2	Y2
3	247795,2	600	0,17925	4	Y3
4	247795,2	10000	0,717	2	Y4
5	247795,2	10000	0,17925	4	Y5
6	-247795,2	10000	0,717	3	Y6
7	-247795,2	10000	0,17925	4	Y7
8	247795,2	600	0,717	3	Y8

Fonte: Próprio autor

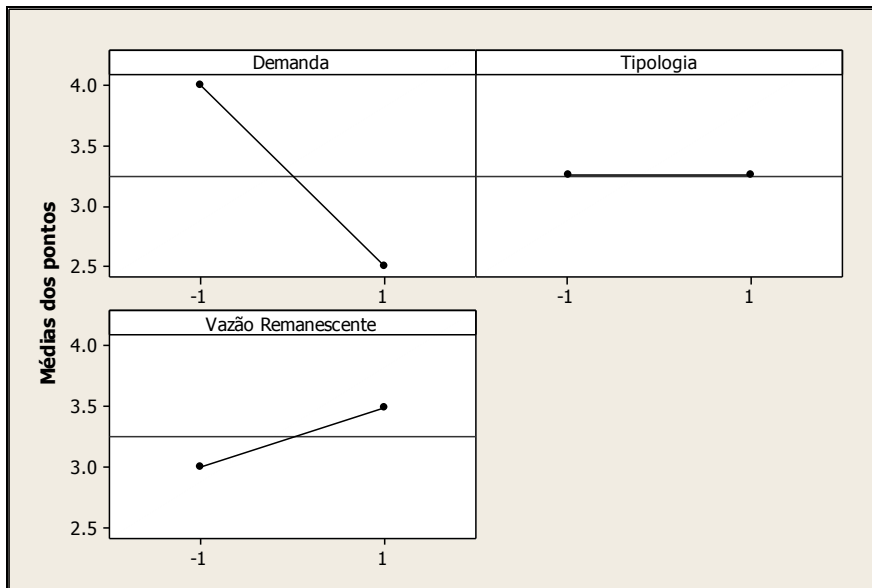
Quadro 32: Passo 2 cálculo dos efeitos

Fatores e suas combinações	Nome dos efeitos dos fatores	Cálculo para determinação do efeito dos fatores sobre a variável em estudo, onde o valor de Yn é correspondente ao número de pontos da sua linha	Efeito
Fator 1	Efeito Principal da Demanda	$(Y2+Y4+Y6+Y8)/4-(Y1+Y3+Y5+Y7)/4$	-1,5
Fator 2	Efeito Principal da Tipologia	$(Y3+Y4+Y7+Y8)/4-(Y1+Y2+Y5+Y6)/4$	0
Fator 3	Efeito Principal da Vazão Remanescente	$(Y5+Y6+Y7+Y8)/4-(Y1+Y2+Y3+Y4)/4$	0,5
Fator 1 e 2	Interação de Demanda x Tipologia	$(Y1+Y4+Y5+Y8)/4-(Y2+Y3+Y6+Y7)/4$	0
Fator 1 e 3	Interação de Demanda x Vazão Remanescente	$(Y1+Y3+Y6+Y8)/4-(Y2+Y4+Y5+Y7)/4$	0,5
Fator 2 e 3	Interação de Tipologia x Vazão Remanescente	$(Y1+Y2+Y7+Y8)/4-(Y3+Y4+Y5+Y6)/4$	0
Fator 1, 2 e 3	Interação entre os três fatores	$(Y2+Y3+Y5+Y8)/4-(Y1+Y4+Y6+Y7)$	0

Fonte: Próprio autor

O maior efeito individual foi a demanda apesar de ser negativo, significando dizer que ao passar da demanda de uso não consuntivo para uso consuntivo diminui a quantidade de pontos de impacto em média de 1,5, causando menor impacto a jusante (ver Figura 32).

Figura 32: Efeitos principais sobre os pontos do DHRAM para barragens com pequena capacidade de armazenamento do regime perene



Fonte: Próprio autor

Mudar a tipologia de um vale encaixado para um aberto não produz nenhum efeito sobre os pontos de impacto, ou seja, neste caso a tipologia não influencia os impactos a jusante, além disso todas as vezes que o fator tipologia combinou-se com outros o efeito nos pontos de impacto foi nulo (ver Figura 32).

O segundo maior efeito individual foi o da vazão remanescente, que ao aumentar de 5% para 20% reflete na maior quantidade de pontos de impacto (em média de 0,5) causando maior impacto a jusante (ver Figura 32).

Ao combinar os fatores demanda*vazão remanescente, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e vazão remanescente (de 5% para 20%) ao mesmo tempo causará um aumento na quantidade de pontos de impacto em média de 0,5, levando a um maior impacto a jusante.

6.6.1.2. Efeito dos fatores e das suas combinações para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene

O comportamento das barragens de grande capacidade de armazenamento foi diferente das de pequena, sendo que todos os fatores apresentaram efeito. O

efeito de cada fator e suas combinações encontram-se no Quadro 33. Todos os efeitos individuais dos fatores apresentaram efeito positivo, ou seja, aumentam o número de pontos de impacto e, conseqüentemente, causam maior impacto a jusante. No entanto, as combinações entre tipologia*vazão remanescente e demanda*tipologia*vazão remanescente apresentaram um efeito negativo, ou seja, diminuem a quantidade de pontos de impacto, ou seja, causam menor impacto a jusante.

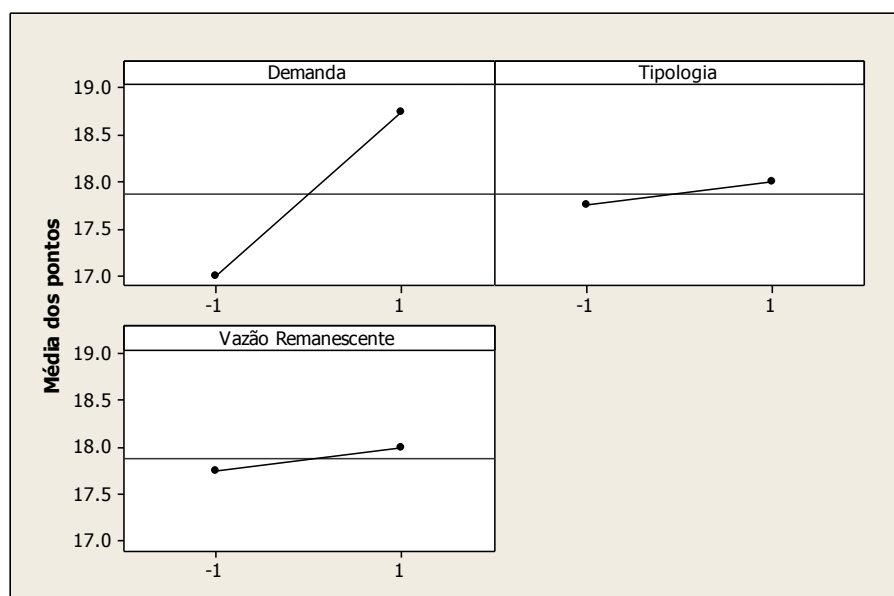
Quadro 33: Efeitos individuais e de interação para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene

Fator	Efeito
Demanda	1,75
Tipologia	0,25
Vazão Remanescente	0,25
Demanda* Tipologia	0,25
Demanda* Vazão Remanescente	0,25
Tipologia* Vazão Remanescente	-0,25
Demanda* Tipologia* Vazão Remanescente	-0,25

Fonte: Próprio autor

Para ilustrar o comportamento efeitos principais de cada fator individualmente foi plotado o gráfico na Figura 33.

Figura 33: Efeitos principais sobre os pontos do DHRAM para barragens com grande capacidade de armazenamento do regime perene



Fonte: Próprio autor

O maior efeito individual foi a demanda, ou seja, mudar a demanda de uso não consuntivo para uso consuntivo aumenta a quantidade de pontos de impacto em média de 1,75 causando **maior impacto a jusante** (ver Figura 33).

A tipologia e a vazão remanescente apresentaram a mesma magnitude e sentido do efeito. A tipologia das grandes capacidades apresentou algum efeito sobre os pontos de impacto, diferentemente dos cenários de barragens com pequena capacidade de armazenamento. No caso das barragens com grande capacidade de armazenamento variando a tipologia de um vale encaixado para um aberto aumenta a quantidade de pontos de impacto em média de 0,25 causando **maior impacto a jusante** (ver Figura 33).

Para a vazão remanescente, ao passar de 5% para 20% aumenta a quantidade de pontos de impacto em média de 0,25 causando **maior impacto a jusante** (ver Figura 33).

Ao combinar os fatores demanda*tipologia, ou seja, aumentar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e a tipologia (de encaixado para aberto) ao mesmo tempo causará um aumento na quantidade de pontos de impacto em média de 0,25 causando **maior impacto a jusante**.

Ao combinar os fatores demanda*vazão remanescente, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e vazão remanescente (de 5% para 20%) ao mesmo tempo causará um aumento na quantidade de pontos de impacto em média de 0,25 causando **maior impacto a jusante**.

O efeito da combinação entre os fatores tipologia*vazão remanescente e demanda* tipologia*vazão remanescente foi o mesmo. Isso significa que se mudar tipologia*vazão remanescente e demanda* tipologia*vazão remanescente ao mesmo tempo causará uma diminuição da quantidade de pontos de impacto em média de 0,25 causando **menor impacto a jusante**.

6.6.1.3. Efeito dos fatores e das suas combinações sobre os 5 grupos do IHA para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene

Como a magnitude dos percentuais de alteração dos grupos estava em uma mesma escala, foi criado um quadro resumo com os resultados de todos os

efeitos dos fatores e suas combinações calculados para cada grupo do IHA (ver Quadro 34). Os efeitos percentuais menores que 10^{-2} foram considerados nulos.

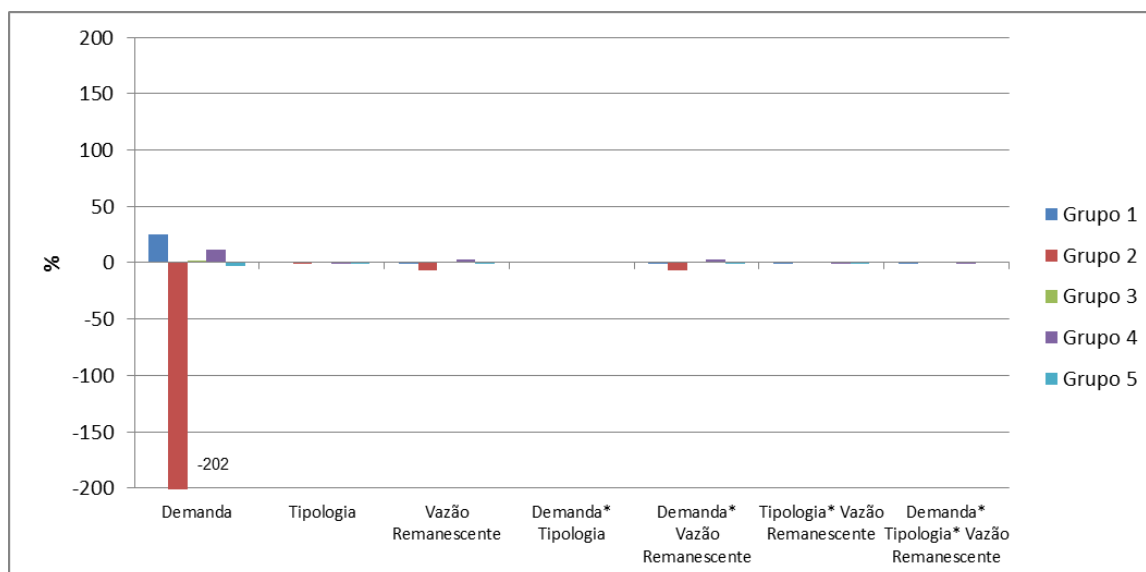
Quadro 34: Efeitos individuais e de interação para as barragens de pequena capacidade de armazenamento com relação aos cinco grupos do IHA no regime perene

Fator	Efeito Grupo 1	Efeito Grupo 2	Efeito Grupo 3	Efeito Grupo 4	Efeito Grupo 5
Demanda	24,9293	-202,20	1,53	11,45	-3,20
Tipologia	0,01	-0,70	0	-0,04	-0,29
Vazão Remanescente	-0,91	-6,9	0,63	2,77	-1,17
Demanda* Tipologia	0,03	1,10	0	0,06	0,08
Demanda* Vazão Remanescente	-0,91	-6,90	0,63	2,77	-1,13
Tipologia* Vazão Remanescente	0	0,10	0	0	-0,02
Demanda* Tipologia* Vazão Remanescente	0	0,10	0	0	0,02

Fonte: Próprio autor

Além disso, foram elaborados gráficos com os sentidos dos efeitos individuais para cada grupo e um gráfico resumo com todos os grupos juntos e um com a magnitude do efeito em percentual (ver Figura 34 e 35).

Figura 34: Efeitos individuais e de interação do percentual dos grupos do IHA para pequena capacidade de armazenamento para o regime perene



Fonte: Próprio autor

Dentre os fatores individuais e suas combinações o que mais se destacou em todos os grupos do IHA foi o efeito individual da demanda (principalmente nos grupos 1, 2, 4 e 5). Outros efeitos que serão destacados são o efeito individual da vazão remanescente e o efeito da combinação desses dois (que afetaram principalmente o grupo 2).

Com relação ao efeito individual da demanda, para os Grupos 2 e 5, ao passar a demanda de uso não consuntivo para uso consuntivo, o efeito foi negativo, ou seja, conduziu a um menor impacto a jusante nesses grupos. O Grupo 2 foi o mais afetado entre todos os grupos. Nos Grupos 1 e 4 o sentido do efeito foi positivo, ou seja, passar a demanda de um uso consuntivo para um não consuntivo causará um maior impacto a jusante nestes grupos (ver Figura 34 e Quadro 34).

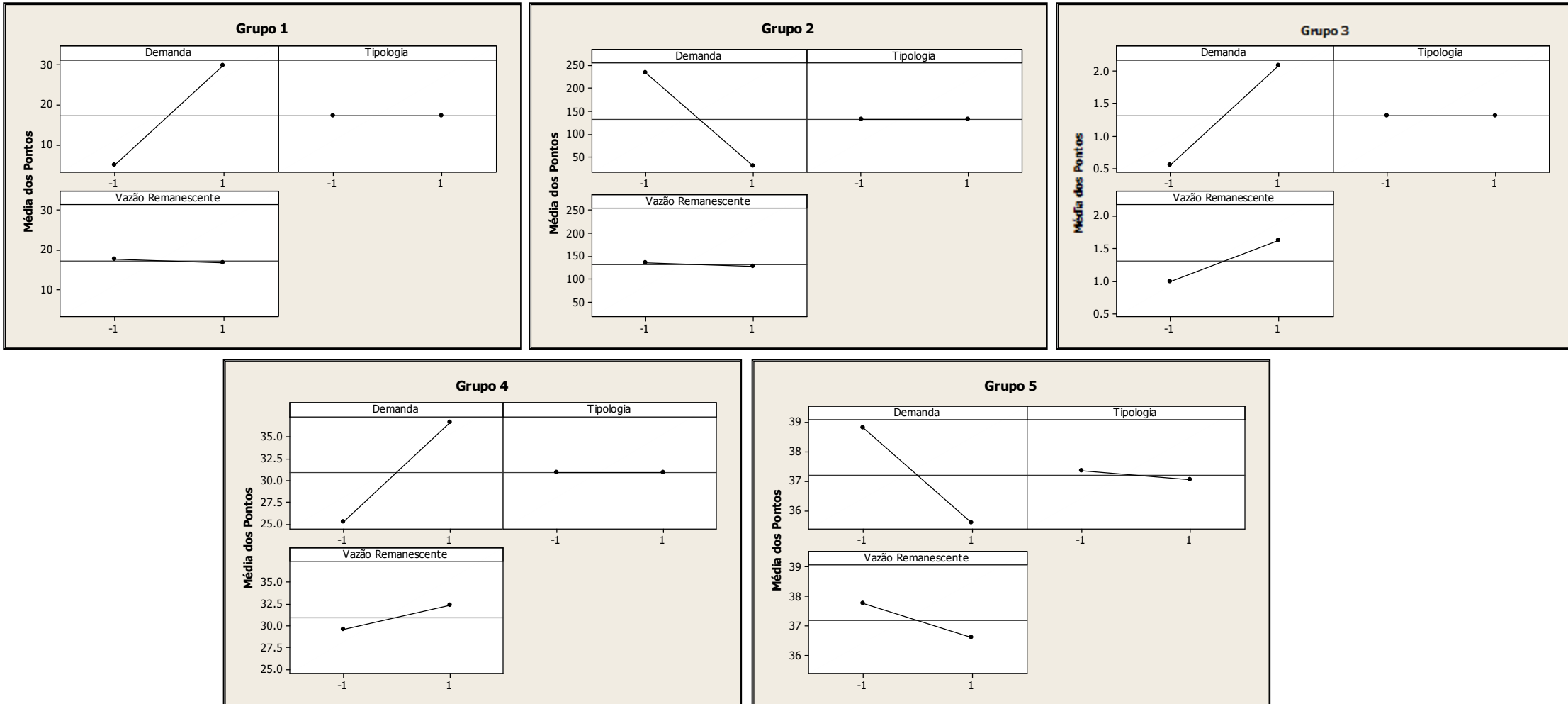
A vazão remanescente apresentou efeitos nos grupos 1, 2, 3, 4 e 5, sendo que o efeito de maior magnitude foi no Grupo 2. Para os grupos 1, 2 e 5, aumentando a vazão remanescente de 5% para 20% reduz o percentual de impacto causando menor impacto a jusante para esses grupos. Enquanto que para os grupos 3 e 4 o efeito é oposto, causando maior impacto a jusante (ver Figura 34).

Ao combinar os fatores demanda*vazão remanescente, ou seja, passar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e aumentar vazão remanescente (de 5% para 20%) ao mesmo tempo resulta em uma redução no percentual de impacto dos grupos 1, 2 e 5. Enquanto que no grupo 3 e 4 o efeito é oposto.

O efeito individual da tipologia foi muito pequeno e somente existente para os grupos 2, 4 e 5. Variando a tipologia de um vale encaixado para um aberto reduz o percentual de impacto causando menor impacto a jusante (ver Figura 34 e Quadro 34).

A combinação da demanda*tipologia, tipologia*vazão remanescente e demanda*tipologia*vazão remanescente não apresentou efeito muito significativo para nenhum dos 5 grupos.

Figura 35: Efeitos principais nos 5 grupos do IHA para barragens com pequena capacidade de armazenamento do regime perene



Fonte: Próprio autor

6.6.1.4. Efeito dos fatores e das suas combinações sobre os 5 grupos do IHA para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime perene

Como a magnitude dos percentuais de alteração dos grupos estava em uma mesma escala, foi criado um quadro resumo com os resultados de todos os efeitos dos fatores e suas combinações calculados para cada grupo do IHA (ver Quadro 35).

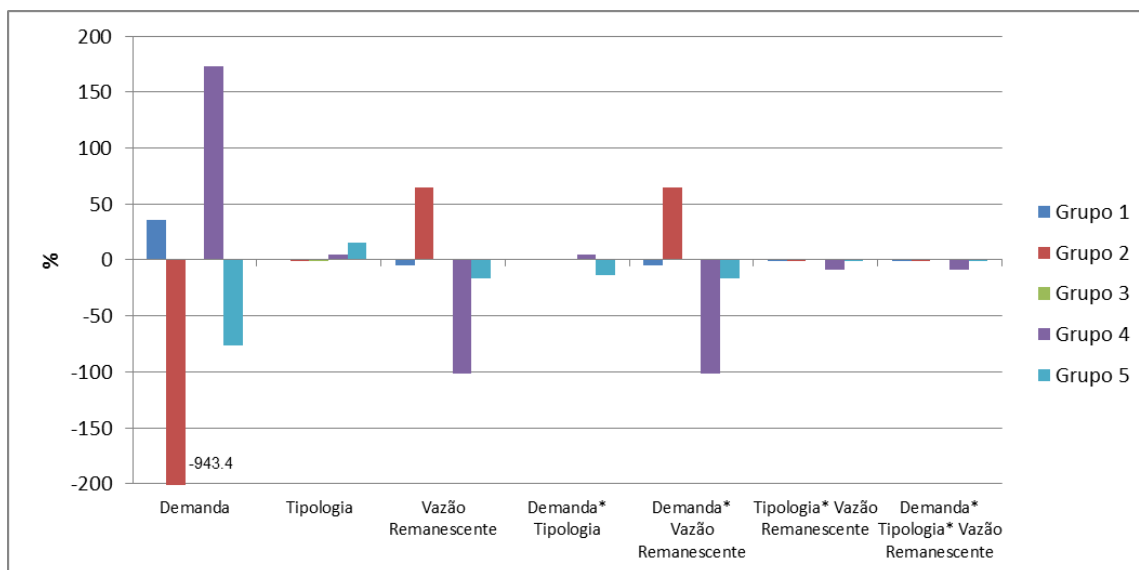
Quadro 35: Efeitos individuais e de interação para as barragens de grande capacidade de armazenamento com relação aos cinco grupos do IHA no regime perene

Fator	Efeito Grupo 1	Efeito Grupo 2	Efeito Grupo 3	Efeito Grupo 4	Efeito Grupo 5
Demanda	36,20	-943,40	0,23	173,20	-76,90
Tipologia	0,19	-0,40	-0,13	4,90	15,30
Vazão Remanescente	-4,9	65,00	0,20	-102,00	-16,40
Demanda* Tipologia	0,02	0	0,03	4,40	-13,70
Demanda* Vazão Remanescente	-4,9	65,00	0,20	-102,00	-16,40
Tipologia* Vazão Remanescente	-0,02	-0,10	0	-8,80	-0,80
Demanda* Tipologia* Vazão Remanescente	-0,02	-0,10	0	-8,80	-0,80

Fonte: Próprio autor

Além disso, foram elaborados gráficos com os sentidos dos efeitos individuais para cada grupo e um gráfico resumo com todos os grupos juntos e um com a magnitude do efeito em percentual (ver Figura 36 e 37).

Figura 36: Efeitos individuais e de interação do percentual dos grupos do IHA para grande capacidade de armazenamento para o regime perene



Fonte: Próprio autor

A demanda afetou com maior magnitude quatro grupos (1, 2, 4 e 5). Para os grupos 1 e 4, variar a demanda de uso não consuntivo para uso consuntivo aumenta o percentual de alteração. Enquanto que para os grupos 2 e 5, essa variação diminui o percentual de alteração. Vale a pena destacar que esta variável de projeto afetou com maior intensidade o Grupo 2 e em segundo lugar o Grupo 4 (ver Figura 36).

A variação da tipologia afetou com maior magnitude os grupos 4 e 5. Para os grupos 4 e 5 variar de um vale encaixado para um aberto aumenta o percentual de alteração causando maior impacto a jusante (ver Figura 36).

A vazão remanescente afetou com maior magnitude os grupos 1, 2, 4 e 5. Os grupos 1 e 5 foram afetados com menor intensidade e o sentido desta alteração foi de um menor impacto a jusante, outro grupo também apresentou este sentido de impacto porém com uma magnitude muito maior, o Grupo 4. Para o Grupo 2, variar a vazão remanescente de 5% para 20% aumenta ao percentual de alteração causando maior impacto a jusante (ver Figura 36).

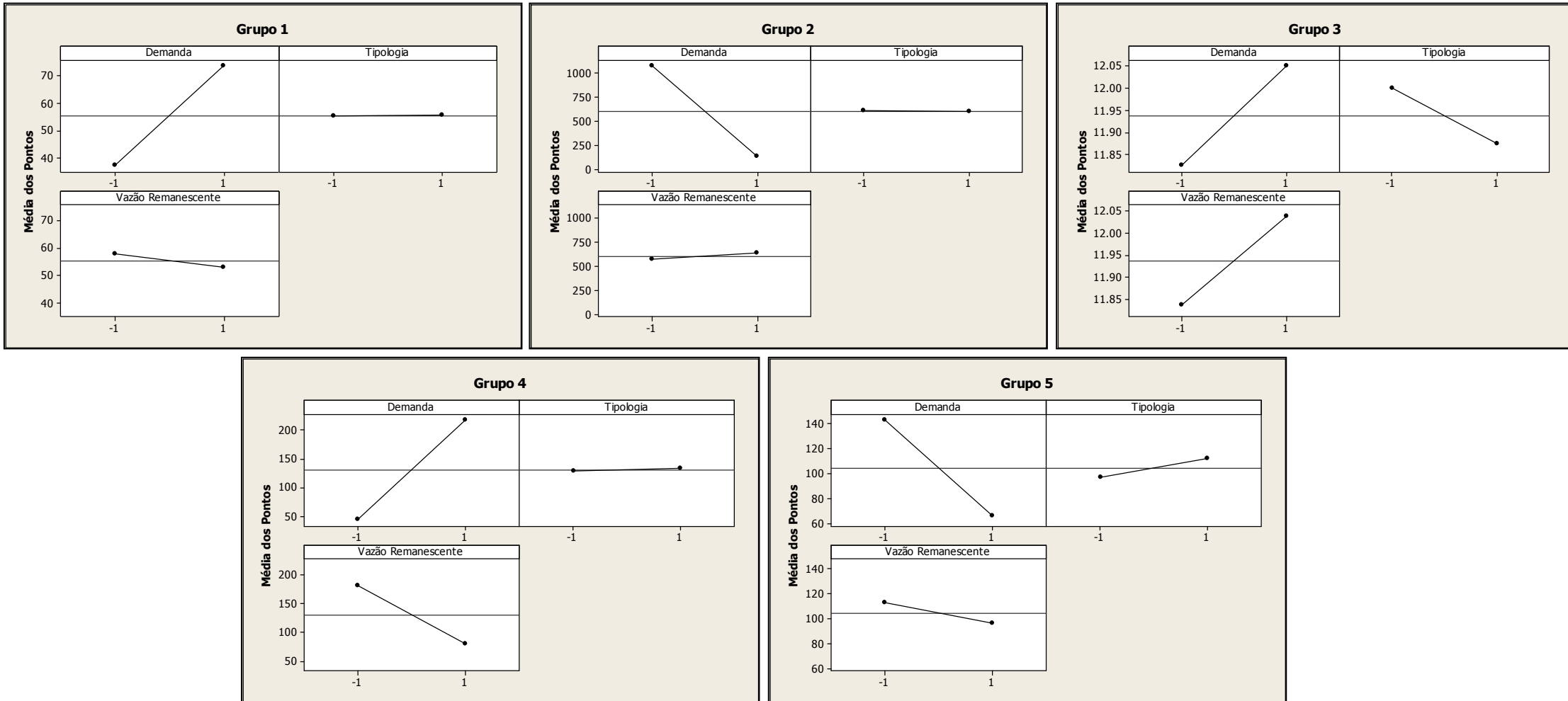
A combinação e entre demanda*tipologia, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e a tipologia (de um vale encaixado para um aberto) afetou com maior magnitude os grupos 4 e 5, sendo que o grupo 5 foi o que foi afetado com maior magnitude. Para o grupo 4 ao alterar estes dois

fatores ao mesmo tempo causará maior impacto a jusante, enquanto que para o grupo 5 causará menor impacto a jusante.

Ao combinar os fatores demanda*vazão remanescente, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e vazão remanescente (de 5% para 20%) ao mesmo tempo afetou os grupos 1, 2, 4 e 5. Os grupos que apresentaram maior magnitude de alteração foram os grupos 2 e 4. Esta mudança para os grupos 1, 4 e 5 causará menor impacto a jusante enquanto que para o grupo 2 o efeito é contrário causando maior impacto a jusante.

O efeito das combinações entre a tipologia*vazão remanescente e a demanda*tipologia*vazão remanescente foi o mesmo. Produziram impactos com pequena magnitude nos grupos 1, 2 e 5, enquanto que para o grupo 4 esta magnitude foi um pouco maior. Em todos os grupos o sentido do impacto foi de menor impacto a jusante.

Figura 37: Efeitos principais nos 5 grupos do IHA para barragens com grande capacidade de armazenamento do regime perene



Fonte: Próprio autor

6.6.2. Regime Intermitente

6.6.2.1. Efeito dos fatores e das suas combinações para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente

Para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente todos os fatores apresentaram efeito. A demanda, a tipologia e a combinação destes fatores levam a um aumento dos pontos de impacto, enquanto a vazão remanescente e as combinações em que este fator apareceu levaram a diminuição dos pontos de impacto, ou seja, diminuíram o impacto a jusante. O efeito de cada fator e suas combinações encontram-se no Quadro 36.

Quadro 36: Efeitos individuais e de interação para as barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente

Fator	Efeito
Demanda	0,75
Tipologia	0,25
Vazão Remanescente	-1,75
Demanda* Tipologia	0,25
Demanda* Vazão Remanescente	-1,75
Tipologia* Vazão Remanescente	-0,25
Demanda* Tipologia* Vazão Remanescente	-0,25

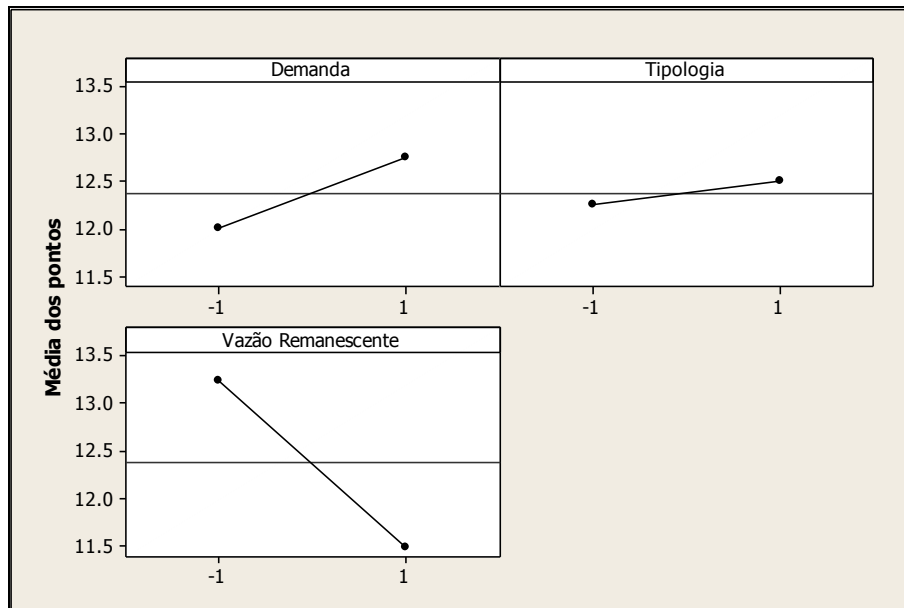
Fonte: Próprio autor

O maior efeito individual foi o da vazão remanescente, ao mudar de 5% para 20% diminui a quantidade de pontos de impacto em média de 1,75 causando menor impacto a jusante (ver Figura 38).

O segundo maior efeito individual foi da demanda, ao passar da demanda de uso não consuntivo para uso consuntivo resulta no aumento da quantidade de pontos de impacto em média de 0,75 causando maior impacto a jusante (ver Figura 38).

O terceiro maior efeito individual foi o da tipologia ao mudar a tipologia de um vale encaixado para aberto aumenta a quantidade de pontos de impacto em média de 0,25 causando maior impacto a jusante (ver Figura 38).

Figura 38: Efeitos principais sobre os pontos do DHRAM para barragens com pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

Ao combinar os fatores demanda*tipologia, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e tipologia (de encaixado para aberto) ao mesmo tempo causará um aumento na quantidade de pontos de impacto em média de 0,25 causando maior impacto a jusante.

O efeito da combinação entre os fatores demanda*vazão remanescente foi o maior efeito de combinação e por ser negativo levaria a um menor impacto a jusante, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e a vazão remanescente (de 5 para 20%) ao mesmo tempo causará uma diminuição da quantidade de pontos de impacto em média de 1,75, causando menor impacto a jusante.

O efeito da combinação dos fatores tipologia*vazão remanescente e demanda*tipologia*vazão remanescente foi o mesmo, ao mudar cada um desses fatores ao mesmo tempo ocorrerá uma diminuição da quantidade de pontos de impacto em média de 0,25, causando menor impacto a jusante.

6.6.2.2. Efeito dos fatores e das suas combinações para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente

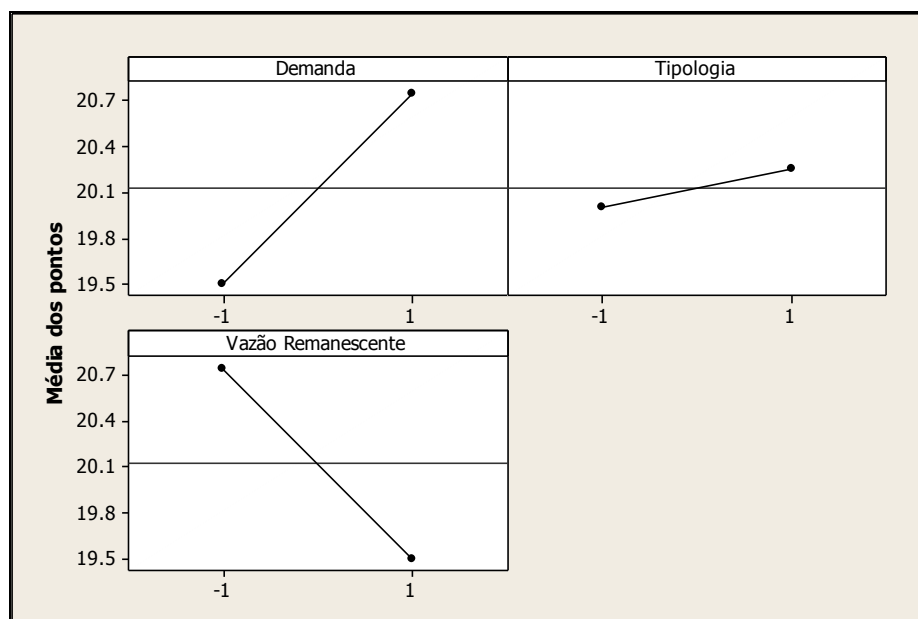
Assim como nas barragens de pequena capacidade todos os fatores e suas combinações apresentaram algum efeito que são descritos a seguir (ver Quadro 37). Dois fatores apresentaram o maior efeito individual, porém um positivo e um negativo, demanda e vazão remanescente respectivamente. O comportamento dos efeitos principais de cada fator pode ser visto na Figura 39.

Quadro 37: Efeitos individuais e de interação para as barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente

Fator	Efeito
Demanda	1,25
Tipologia	0,25
Vazão Remanescente	-1,25
Demanda* Tipologia	-0,75
Demanda* Vazão Remanescente	-1,25
Tipologia* Vazão Remanescente	0,75
Demanda* Tipologia* Vazão Remanescente	0,75

Fonte: Próprio autor

Figura 39: Efeitos principais sobre os pontos do DHRAM para barragens com grande capacidade de armazenamento do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

Para o efeito da demanda, ao passar de um uso não consuntivo para uso consuntivo aumenta a quantidade de pontos de impacto em média de 1,25. Enquanto que ao mudar a vazão remanescente de 5% para 20% diminui a quantidade de pontos de impacto em média de 1,25 causando menor impacto a jusante (ver Figura 39).

Para a tipologia ao mudar de um vale encaixado para aberto aumenta a quantidade de pontos de impacto em média de 0,25 causando maior impacto a jusante.

Ao combinar os fatores demanda*tipologia, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e tipologia (de encaixado para aberto) ao mesmo tempo causará uma diminuição na quantidade de pontos de impacto em média de 0,75 causando menor impacto a jusante.

O efeito da combinação entre os fatores demanda*vazão remanescente foi o maior efeito de combinação e por ser negativo levaria a um menor impacto a jusante, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e a vazão remanescente (de 5 para 20%) ao mesmo tempo causará uma diminuição da quantidade de pontos de impacto em média de 1,25, causando menor impacto a jusante.

O efeito da combinação dos fatores tipologia*vazão remanescente e demanda*tipologia*vazão remanescente foi o mesmo, ao mudar cada um desses fatores ao mesmo tempo ocorrerá um aumento da quantidade de pontos de impacto em média de 0,75, causando maior impacto a jusante.

6.6.2.3. Efeito dos fatores e das suas combinações sobre os 5 grupos do IHA para barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente

Como a magnitude dos percentuais de alteração dos grupos estava em uma mesma escala, foi criado um quadro resumo com os resultados de todos os efeitos dos fatores e suas combinações calculados para cada grupo do IHA (ver Quadro 38). Os efeitos percentuais menores que 10^{-2} foram considerados nulos.

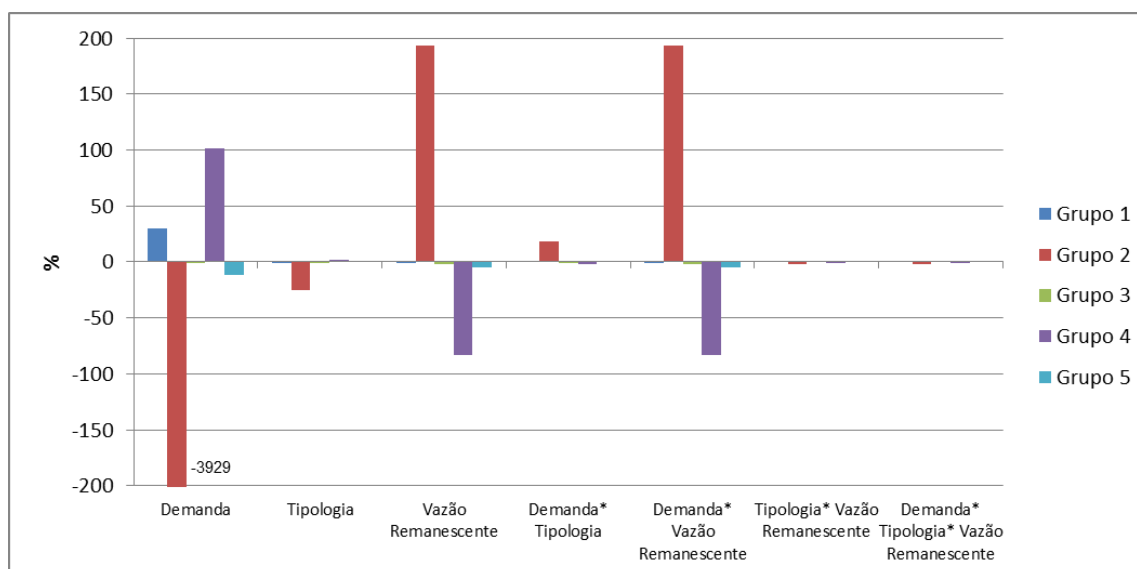
Quadro 38: Efeitos individuais e de interação para as barragens de pequena capacidade de armazenamento com relação aos cinco grupos do IHA no regime intermitente

Fator	Efeito Grupo 1	Efeito Grupo 2	Efeito Grupo 3	Efeito Grupo 4	Efeito Grupo 5
Demanda	29,70	-3929	-1,313	101,23	-11,472
Tipologia	-0,036	-25	-0,362	1,73	0,401
Vazão Remanescente	-1,205	193	-2,213	-83,30	-5,296
Demanda* Tipologia	0,074	18	-0,262	-1,55	0,483
Demanda* Vazão Remanescente	-1,205	193	-2,213	-83,3	-5,296
Tipologia* Vazão Remanescente	0,01	-2	0,638	-0,12	0,140
Demanda* Tipologia* Vazão Remanescente	0,01	-2	0,638	-0,12	0,140

Fonte: Próprio autor

Além disso, foram elaborados gráficos com os sentidos dos efeitos individuais para cada grupo e um gráfico resumo com todos os grupos juntos e um com a magnitude do efeito em percentual (ver Figura 40 e 41).

Figura 40: Efeitos individuais e de interação do percentual dos grupos do IHA para pequena capacidade de armazenamento para o regime intermitente



Fonte: Próprio autor

Todos os fatores individuais e suas combinações apresentaram efeitos, em todos os grupos. Os grupos mais afetados foram 2 e 4. A demanda afetou com

maior intensidade quatro grupos (1, 2, 4 e 5). Para os Grupos 1 e 4, variar a demanda de uso não consuntivo para uso consuntivo aumenta o percentual de impacto a jusante. Enquanto que para os Grupos 2 e 5, essa variação diminui o percentual de impacto a jusante. Vale a pena destacar que esta variável de projeto afetou com maior intensidade o Grupo 2 e em segundo lugar o Grupo 4 (ver Figura 40).

A variação da tipologia afetou quatro grupos: 1, 2, 3, 4. Os grupos 1 e 3 foram afetados com menor intensidade (efeito do percentual menor que 1%) e o sentido dessa alteração foi de um menor impacto a jusante, outro grupo também sofreu alteração neste sentido porém com magnitude superior, o Grupo 2. Para os grupos 4 variar de um vale encaixado para um aberto aumenta de forma quase insignificante o percentual de impacto a jusante (ver Figura 40).

A vazão remanescente afetou os cinco grupos. Os grupos 1 e 3 foram menos afetados e o sentido desta alteração foi de um menor impacto a jusante. Outros dois grupo (4 e 5) também apresentaram este sentido de impacto porém com uma magnitude um maior, sendo que se destaca o efeito sobre o Grupo 4 (82%). Para o Grupo 2, variar a vazão remanescente de 5% para 20% aumenta o percentual de impacto a jusante, este impacto tem uma alta magnitude (ver Figura40).

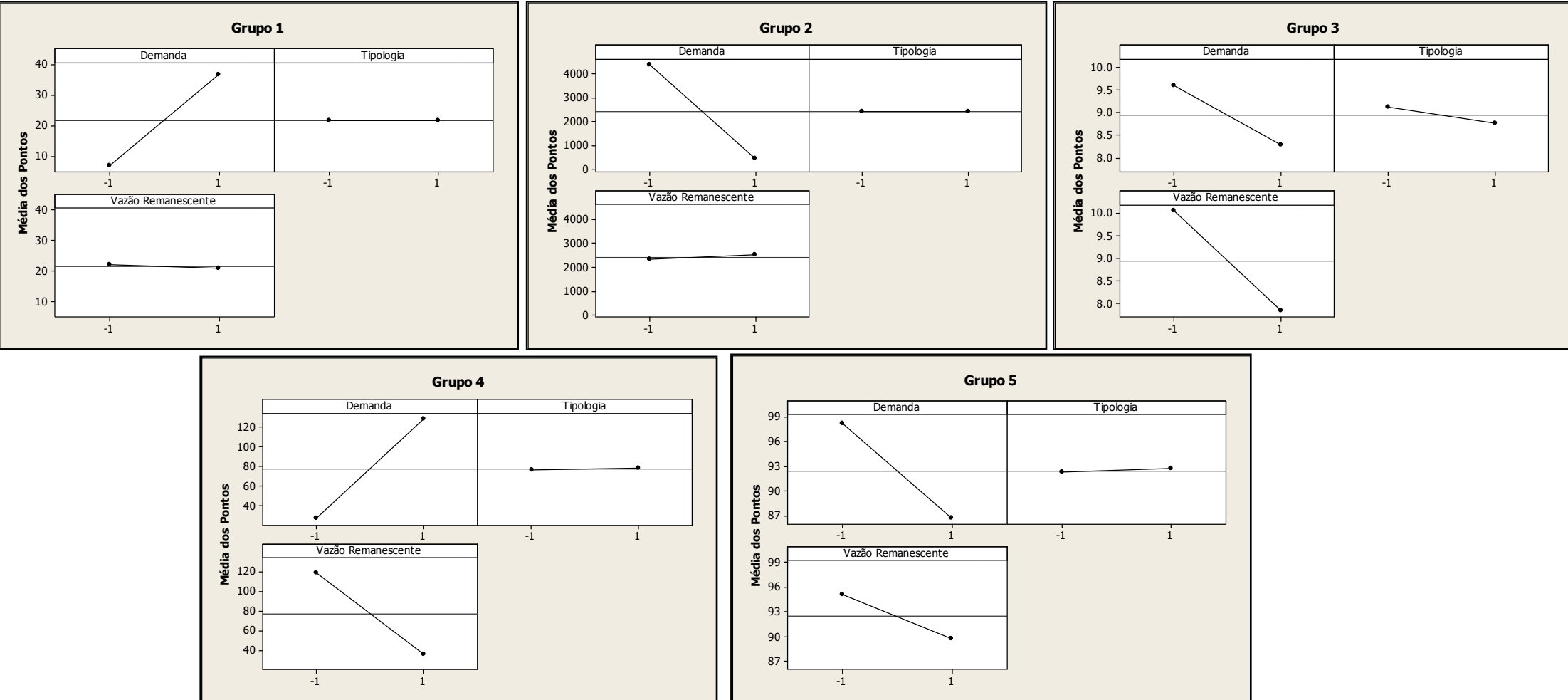
A combinação e entre demanda*tipologia, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e a tipologia (de um vale encaixado para um aberto) só afetou os grupos 2, 3 e 4, sendo que o grupo 2 foi o que foi afetado com maior magnitude. O sentido da alteração do grupo 2 conduz a um maior impacto a jusante. Para os grupos 3 e 4 ao alterar estes dois fatores ao mesmo tempo causará um menor impacto a jusante porém de pequena magnitude.

Ao combinar os fatores demanda*vazão remanescente, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e vazão remanescente (de 5% para 20%) ao mesmo tempo afetou os grupos 1, 2, 3, 4 e 5. Os grupos que apresentaram maior magnitude de alteração foram os grupos 2 e 4. Esta mudança para os grupos 1, 3, 4 e 5 causará menor impacto a jusante, sendo

que o impacto do Grupo 4 merece destaque, enquanto que para o grupo 2 o efeito é contrário causando maior impacto a jusante e é quase o dobro do efeito do Grupo 4.

O efeito das combinações entre a tipologia*vazão remanescente e a demanda*tipologia*vazão remanescente foi o mesmo. Produziram impactos com pequena magnitude nos grupos 2 e 4. Para estes dois grupos o sentido do impacto foi de menor impacto a jusante.

Figura 41: Efeitos principais nos 5 grupos do IHA para barragens com pequena capacidade de armazenamento do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

6.6.2.4. Efeito dos fatores e das suas combinações sobre os 5 grupos do IHA para barragens de grande capacidade de armazenamento do regime intermitente

Como a magnitude dos percentuais de alteração dos grupos estava em uma mesma escala, foi criado um quadro resumo com os resultados de todos os efeitos dos fatores e suas combinações calculados para cada grupo do IHA (ver Quadro 39).

Quadro 39: Efeitos individuais e de interação para as barragens de grande capacidade de armazenamento com relação aos cinco grupos do IHA no regime intermitente

Fator	Efeito Grupo 1	Efeito Grupo 2	Efeito Grupo 3	Efeito Grupo 4	Efeito Grupo 5
Demanda	28,050	-13399	-0,713	29,237	-105,04
Tipologia	0,039	-359	-2,013	11,834	-1,15
Vazão Remanescente	-5,291	652	0,512	-5,306	-50,39
Demanda* Tipologia	1,101	285	0,688	-1,658	12,73
Demanda* Vazão Remanescente	-5,291	652	0,512	-5,306	-50,39
Tipologia* Vazão Remanescente	-0,053	-4	-0,438	7,811	-4,24
Demanda* Tipologia* Vazão Remanescente	-0,053	-4	-0,438	7,811	-4,24

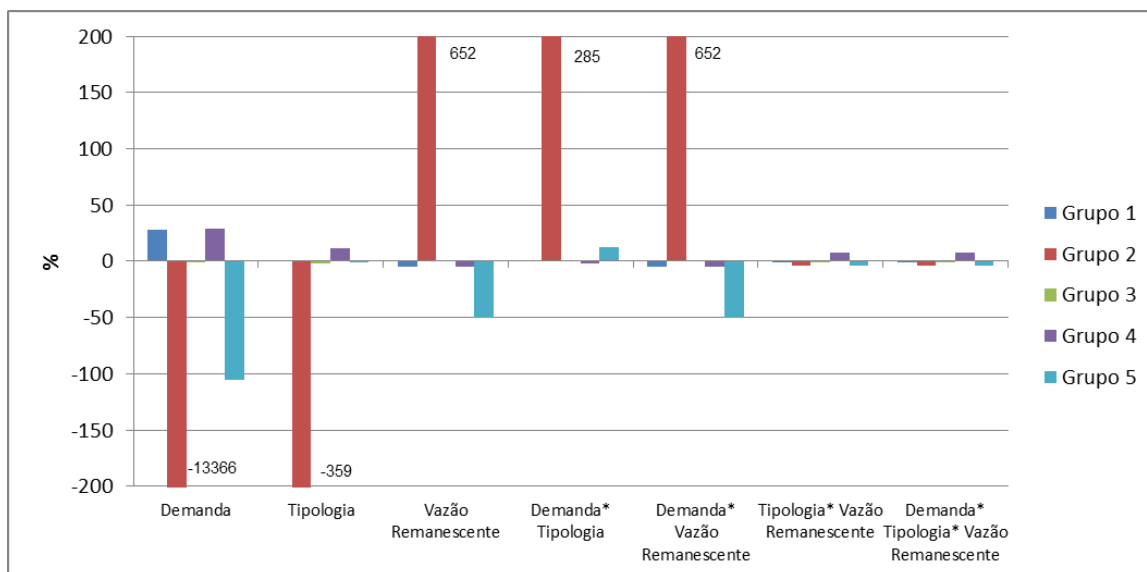
Fonte: Próprio autor

Além disso, foram elaborados gráficos com os sentidos dos efeitos individuais para cada grupo e um gráfico resumo com todos os grupos juntos e um com a magnitude do efeito em percentual (ver Figura 42 e 43).

Todos os fatores individuais e suas combinações apresentaram efeitos, os grupos afetados foram o 1, 2, 3, 4 e 5. Os grupos menos afetados foram: 1 e 3.

A demanda afetou os cinco grupos. Para os grupos 1 e 4, variar a demanda de uso não consuntivo para uso consuntivo aumenta o percentual de impacto a jusante. Enquanto que para os grupos 2, 3 e 5, essa variação diminui a o percentual impacto a jusante. Vale a pena destacar que esta variável de projeto afetou com maior intensidade o Grupo 2 e em segundo lugar o Grupo 5 (ver Figura 42).

Figura 42: Efeitos individuais e de interação do percentual dos grupos do IHA para grande capacidade de armazenamento para o regime intermitente



Fonte: Próprio autor

A variação da tipologia afetou quatro grupos: 2, 3, 4 e 5. Os grupos 3 e 5 foram afetados com menor intensidade e o sentido dessa alteração foi de um menor impacto a jusante, outro grupo também sofreu alteração neste sentido porém com magnitude superior, o Grupo 2. Para o Grupos 4 variar de um vale encaixado para um aberto aumenta pouco percentual de impacto a jusante (ver Figura 42).

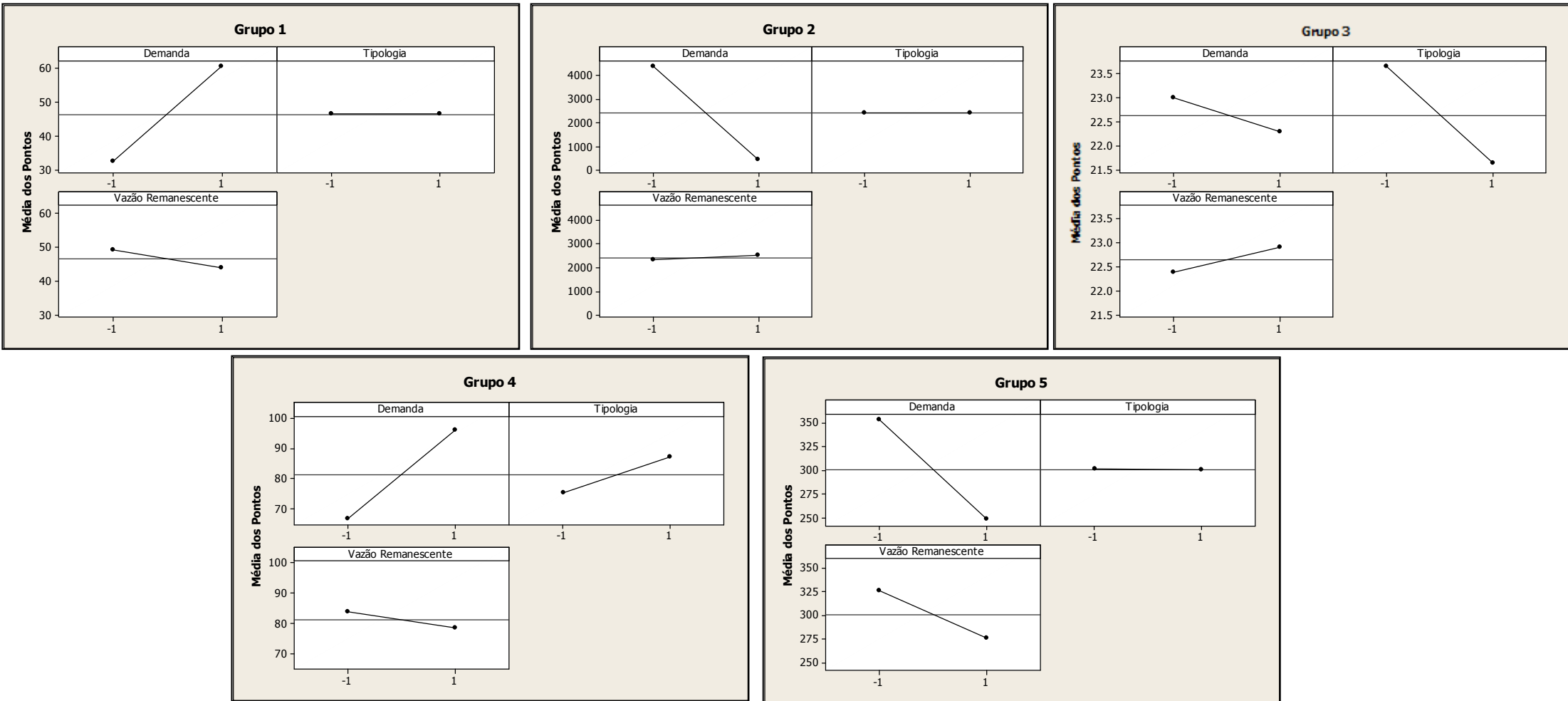
A vazão remanescente afetou os grupos 1, 2, 4 e 5. Os grupos 1 e 4 foram afetados com menor intensidade e o sentido desta alteração foi de um menor impacto a jusante, outro grupo também apresentou este sentido de impacto porém com uma magnitude um pouco maior, o Grupo 5. Para o Grupo 2, variar a vazão remanescente de 5% para 20% aumenta o percentual impacto a jusante, este impacto tem uma alta magnitude (ver Figura 42).

A combinação e entre demanda*tipologia, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e a tipologia (de um vale encaixado para um aberto) só afetou os grupos 2, 4 e 5, sendo que o Grupo 2 foi o que foi afetado com maior magnitude. O sentido da alteração do Grupo 2 conduz a um maior impacto a jusante. Para os grupos 4 e 5 ao alterar estes dois fatores ao mesmo tempo causará um menor impacto a jusante porém de pequena magnitude para o Grupo 4 e uma magnitude um pouco maior para o Grupo 5.

Ao combinar os fatores demanda*vazão remanescente, ou seja, mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e vazão remanescente (de 5% para 20%) ao mesmo tempo afetou os grupos 1, 2, 4 e 5. Os grupos que apresentaram maior magnitude de alteração foram os grupos 2 e 5. Esta mudança para os grupos 1, 4 e 5 causará menor impacto a jusante, sendo que o impacto do Grupo 5 merece destaque, enquanto que para o Grupo 2 o efeito é contrário causando maior impacto a jusante e é quase o quatro vezes o efeito do Grupo 5.

O efeito das combinações entre a tipologia*vazão remanescente e a demanda*tipologia*vazão remanescente foi o mesmo. Produziram impactos com magnitude insignificante nos grupos 1 e 3, magnitude pequena 2 e 5, para este grupos o sentido do impacto foi de menor impacto a jusante. O Grupo 4 foi o que apresentou maior magnitude de impacto e seu sentido foi de maior impacto a jusante.

Figura 43: Efeitos principais nos 5 grupos do IHA para barragens com grande capacidade de armazenamento do regime intermitente



Fonte: Próprio autor

6.6.3. Comparação entre os dois regimes

6.6.3.1. Comparação dos efeitos dos fatores e das suas combinações para os dois regimes de barragens de pequena e grande capacidade de armazenamento

Os efeitos dos fatores e suas combinações para os dois regimes de barragens e as duas capacidades de armazenamento são comparados através de uma matriz criada com os valores numéricos e cores. O menor impacto a jusante é representado pela cor verde, o maior impacto pela cor vermelho e o impacto nulo pela cor branca.

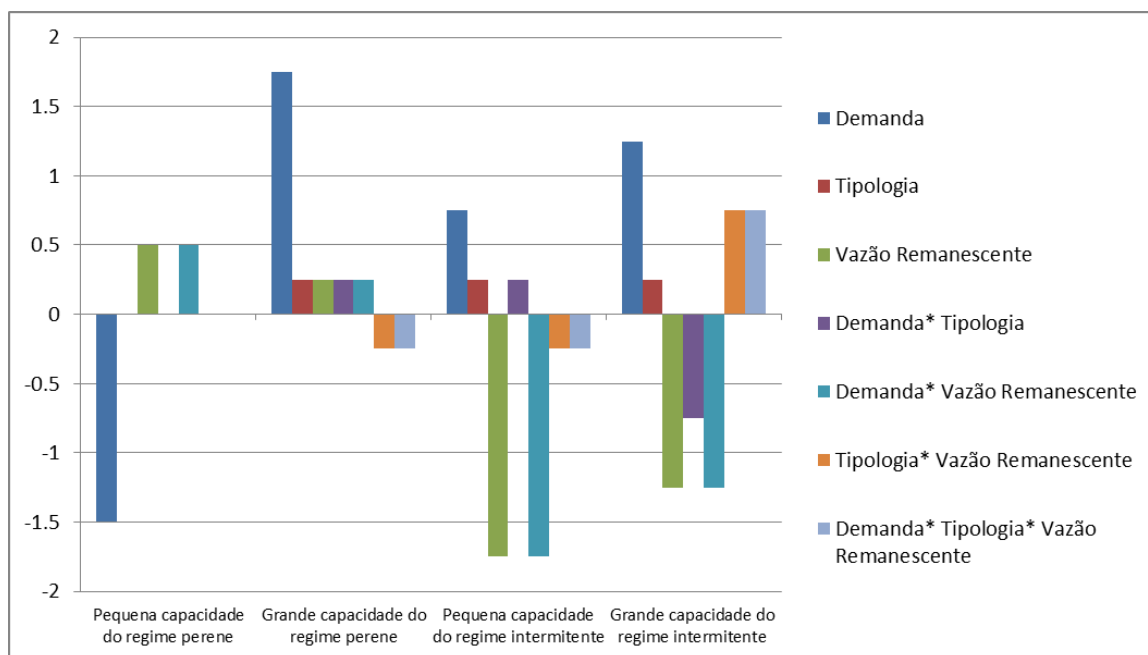
Para os cenários em estudo, os efeitos individuais da demanda, tipologia e vazão remanescente e suas combinação são apresentados no Quadro 40 e na Figura 44.

Quadro 40: Potencial de impacto de cada variável de projeto e suas interações para os dois regimes hídricos e suas diferentes capacidades de armazenamento

Fator	Regime Perene		Regime intermitente	
	Efeito da pequena capacidade	Efeito de grande capacidade	Efeito da pequena capacidade	Efeito de grande capacidade
Demanda (variando da demanda não consuntiva para a consuntiva)	-1,5	1,75	0,75	1,25
Tipologia (variando a tipologia de um vale encaixado para um aberto)	0	0,25	0,25	0,25
Vazão Remanescente (variando a vazão remanescente de 5 para 20%)	0,5	0,25	-1,75	-1,25
Demanda* Tipologia	0	0,25	0,25	-0,75
Demanda* Vazão Remanescente	0,5	0,25	-1,75	-1,25
Tipologia* Vazão Remanescente	0	-0,25	-0,25	0,75
Demanda* Tipologia* Vazão Remanescente	0	-0,25	-0,25	0,75

Fonte: Próprio autor

Figura 44: Comparação dos efeitos dos fatores e das suas combinações para os dois regimes de barragens de pequena e grande capacidade de armazenamento



Fonte: Próprio autor

A variação da demanda (uso não consuntivo para a consuntivo) nas barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene causou um menor impacto a jusante, enquanto nas grandes dos dois regimes e pequenas do regime intermitente o impacto causado a jusante foi maior, em diferentes magnitudes.

Para o fator tipologia (variando de vale encaixado para aberto) o efeito nas barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene foi nulo, enquanto nas grandes dos dois regimes e pequenas do regime intermitente foi pequeno e na mesma magnitude (0,25).

No caso da vazão remanescente (variando de 5 para 20% da vazão com 90% de garantia) o efeito foi oposto em cada regime. No regime perene o efeito foi negativo e menor que 0,5, enquanto que no regime intermitente foi positivo e maior que 1,25.

O efeito da combinação entre os fatores apresentou diferentes padrões para cada tipo de regime e capacidade. Ao mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e tipologia (de encaixado para aberto) em

barragens de pequena capacidade de armazenamento do regime perene o efeito foi nulo, enquanto nas de grande capacidade do regime perene e pequena capacidade do regime intermitente conduziram a um maior impacto a jusante. Somente nas de grande capacidade do regime intermitente conduziu a um menor impacto.

O efeito da combinação entre os fatores demanda*vazão remanescente conduziu a dois comportamentos distintos de acordo com o regime hídrico. Ao mudar a demanda (de uso não consuntivo para uso consuntivo) e a vazão remanescente (de 5 para 20%) ao mesmo tempo, para o regime perene independente da capacidade de armazenamento, conduziu a um maior impacto a jusante, enquanto no regime intermitente, independente da capacidade, o impacto a jusante foi menor.

A combinação dos fatores tipologia*vazão remanescente conduziu a diferentes comportamentos dentro do mesmo regime. Ao mudar a tipologia (de encaixado para aberto) e a vazão remanescente (de 5 para 20%) nas pequenas capacidades de armazenamento do regime perene o efeito foi nulo, enquanto que nas de grande capacidade deste regime e pequena capacidade do regime intermitente o efeito foi de menor impacto a jusante. Somente para as barragens de grande capacidade de armazenamento esse aumento conduziu a um maior impacto a jusante.

Com relação a combinação da demanda*tipologia*vazão remanescente ao mudar esses três fatores o comportamento foi igual a combinação dos fatores tipologia*vazão remanescente.

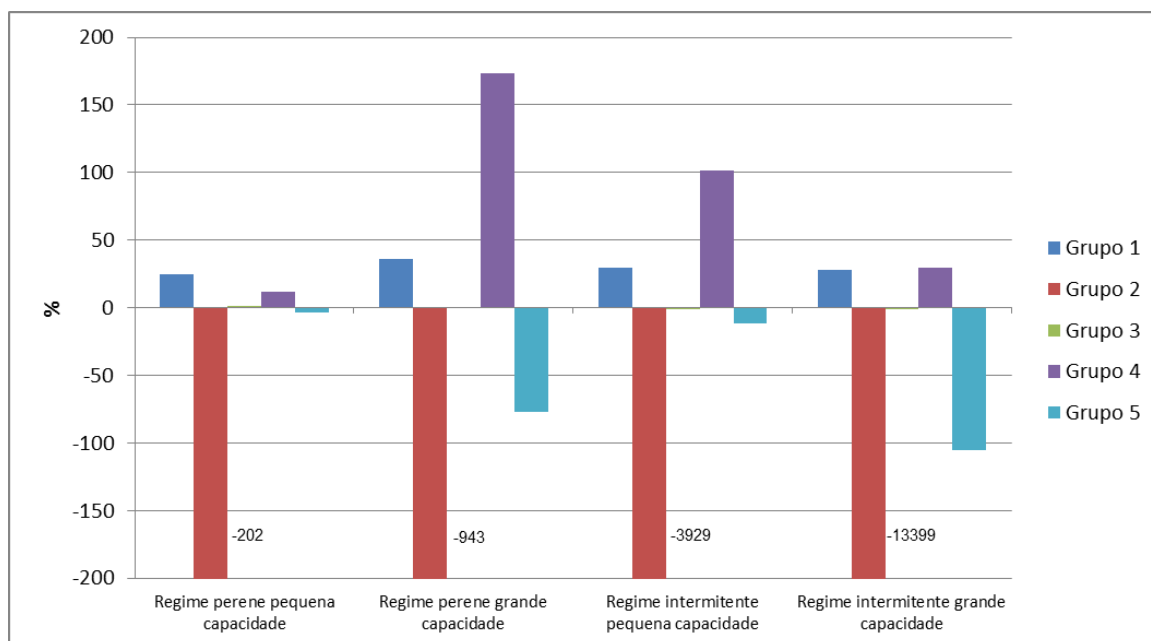
6.6.3.2. Comparação dos efeitos dos fatores e das suas combinações sobre os 5 grupos do IHA para os dois regimes de barragens de pequena e grande capacidade de armazenamento

A comparação dos efeitos dos fatores e das suas combinações sobre os 5 grupos do IHA para os dois regimes de barragens e as duas capacidades de armazenamento é apresentada por cada fator analisado.

Demanda

A demanda afetou todos os grupos do IHA, sendo que o grupo 2 foi o mais afetado e o grupo 3 o menos afetado (ver Figura 45).

Figura 45: Resumo do efeito individual da demanda com relação aos 5 grupos do IHA para o regime perene e intermitente



Fonte: Próprio autor

A variação da demanda (uso não consuntivo para a consuntivo) para o **Grupo 1** conduziu uma maior alteração nos dois regimes.

No **Grupo 2**, esta variação destacou-se com relação todos os outros grupos por ser a de maior magnitude independente do regime e capacidade de armazenamento, em todos conduziu a uma menor alteração a jusante.

O **Grupo 3** foi o menos impactado por esta variação, somente no regime perene apresentou alguma alteração sendo que foi de pequena magnitude.

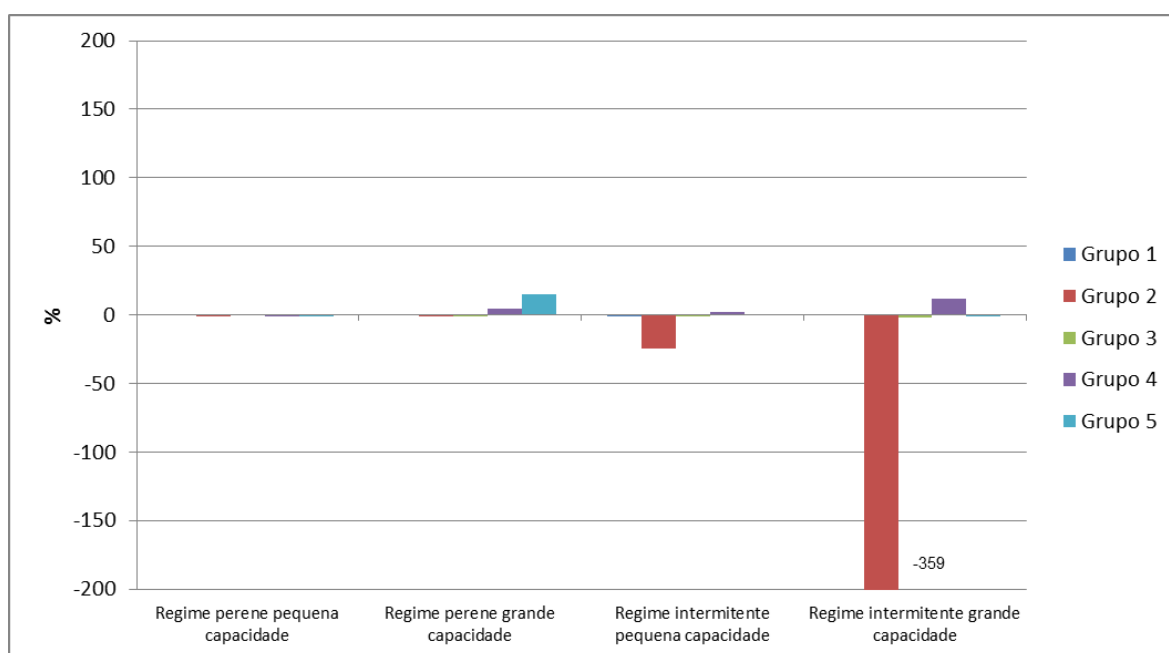
No **Grupo 4**, nos dois regimes o sentido da alteração foi de maior impacto a jusante, esta alteração não foi linear por regime, e o grupo de barragens mais impactado de ordem decrescente foram as grandes capacidade do regime perene, seguidas pelas pequenas e grandes capacidades do intermitente e pequenas capacidades do regime perene.

Para o **Grupo 5**, esta alteração da demanda fez com que ocorresse uma menor alteração a jusante, que nas pequenas capacidades foi quase insignificante e nas de maior capacidade fossem de magnitudes muito superiores.

Tipologia

A **tipologia** foi a variável de processo que apresentou menores magnitudes do efeito com relação aos cinco grupos do IHA. Dentre os dois regimes o intermitente foi o regime com as maiores magnitudes de alteração independente da capacidade de armazenamento, no regime perene somente as grandes capacidades de armazenamento apresentaram uma magnitude que merece ser destacada (ver Figura 46).

Figura 46: Resumo do efeito individual da tipologia com relação aos 5 grupos do IHA para o regime perene e intermitente



Fonte: Próprio autor

Variando a tipologia de um vale encaixado para aberto o **Grupo 1** será afetado com uma magnitude desprezível.

Ainda com relação a tipologia, o **Grupo 2**, só apresentou efeitos para o regime intermitente, a mudança de um vale encaixado para aberto faz com que o percentual de alteração seja menor, ou seja, causa menor impacto a jusante,

sendo que o efeito nas grandes capacidades é muito superior ao das pequenas.

A mudança de vales no **Grupo 3**, apresenta uma magnitude de efeito que pode ser considerada desprezível, e seu sentido é de menor impacto a jusante, isso se aplica somente aos experimentos de grande capacidade do regime intermitente.

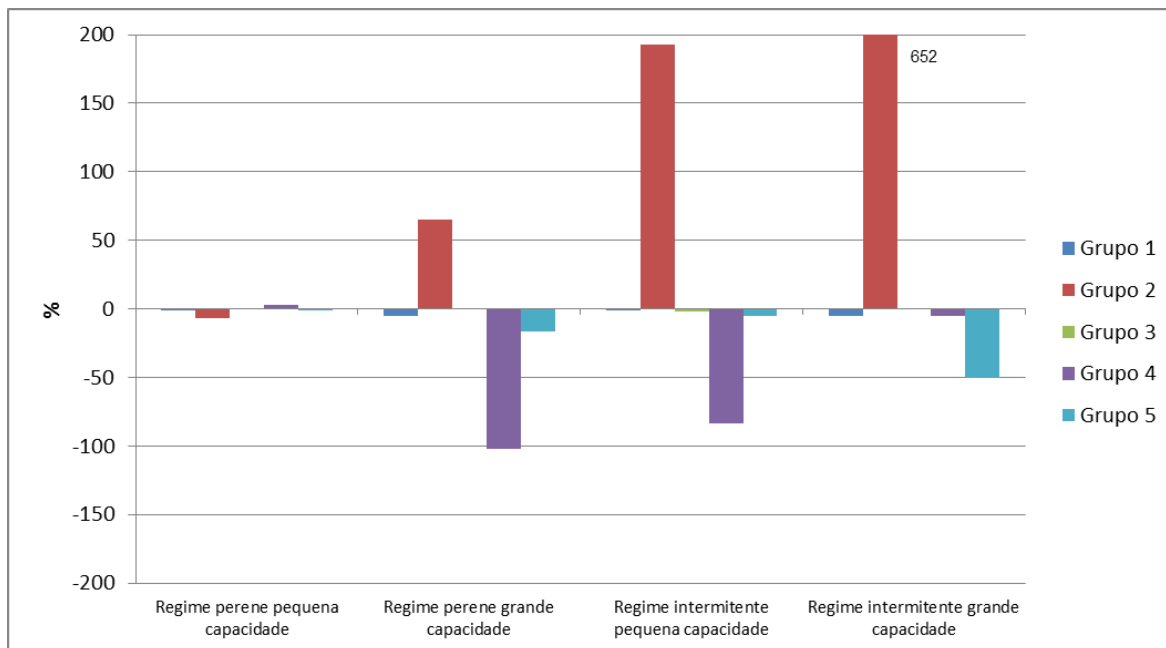
Para o **Grupo 4**, ao variar a tipologia a magnitude do efeito não foi muito significativa e seu sentido foi de maior alteração a jusante principalmente para as grandes capacidades de armazenamento do regime perene.

Quanto ao **Grupo 5**, a variação não causou efeito com magnitudes significativas, a maior magnitude e que merece destaque foi nas grandes capacidades do regime perene no sentido de maior alteração a jusante.

Vazão remanescente

Quanto a **vazão remanescente** (variando a vazão remanescente de 5-20%), as duas capacidades do regime intermitente apresentaram magnitudes do efeito em certos grupos que merecem destaque, enquanto no regime perene somente as grandes capacidades de armazenamento apresentaram magnitudes do efeito da mudança que merecem destaque (ver Figura 47).

Figura 47: Resumo do efeito individual da vazão remanescente com relação aos 5 grupos do IHA para o regime perene e intermitente



Fonte: Próprio autor

O **Grupo 1**, foi afetado em ambas capacidades de armazenamento nos dois regimes com uma magnitude quase que desprezível. Para as grandes capacidades de armazenamento do regime perene e intermitente a magnitude deste efeito aumenta um pouco, sendo que o sentido é de menor alteração a jusante.

Para o **Grupo 2**, ao variar a vazão remanescente de 5-20% somente as pequenas capacidades do regime intermitente apresentaram um menor impacto a jusante (e de pequena magnitude) para as grandes capacidades do regime perene e as duas capacidades do regime intermitente o sentido foi de maior alteração a jusante, principalmente para as grande capacidades do regime intermitente.

No **Grupo 3**, apresentou efeitos irrelevantes, ao variar a vazão remanescente somente nos experimentos de pequena capacidade do regime intermitente uma pequena magnitude de alteração de menor alteração a jusante foi observada.

Com relação ao **Grupo 4**, a mudança da vazão remanescente afetou com alta magnitude e de forma semelhante as grandes capacidades do regime perene e pequenas capacidades do regime intermitente no sentido de menor alteração a

jusante, outro experimento também teve esse sentido de magnitude porém com uma intensidade menor, as grandes capacidades do regime intermitente. Somente as pequenas capacidades do regime perene apresentaram o sentido de maior alteração a jusante, porém com um magnitude pequena.

Ao variar a vazão remanescente de 5-20% no **Grupo 5**, a mudança da magnitude de dois grupos de experimentos merecem destaque, grandes capacidades do regime perene e intermitente com sentido de menor alteração a jusante. As pequenas capacidades dos dois regimes também apresentaram esse sentido porém com magnitude pequena.

7. CONCLUSÃO

Os impactos que as barragens causam e alguns dos efeitos das alterações hidrológicas decorrentes de sua implantação e operação em nível local, regional e global estão bem descritos na literatura. Porém, em países como o Brasil, por exemplo, ainda existe uma lacuna a ser preenchida quanto à avaliação das alterações hidrológicas decorrente da implantação e operação de barragens ainda na fase de projeto.

Na busca do preenchimento dessa lacuna, foram estudadas as relações entre a variação da capacidade de armazenamento, demandas hídricas do reservatório, tipologias do vale e vazões remanescentes (fatores que a princípio poderiam causar maior ou menor impacto) sobre os cinco componentes do regime de vazão natural (magnitude, frequência, duração, tempo de ocorrência e taxa de mudança), utilizando metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas existentes, bem como quantificando a sensibilidade às variáveis de projeto.

Após uma análise da aplicabilidade das metodologias e a sua aceitação na comunidade acadêmica foram escolhidos para analisar o grau do impacto das alterações hidrológicas decorrente da implantação de barragens o método do IHA (Richter *et al.*, 1996) e o método DHRAM (Black *et al.*, 2005).

Utilizando dados de vazão diária para a simulação do balanço hídrico e com a aplicação destas metodologias foi demonstrado que é possível e viável avaliar e classificar com as metodologias existentes as alterações hidrológicas previamente à implantação das barragens.

As relações de como a variação das capacidades de armazenamento do reservatório, demandas hídricas, tipologias do vale e vazões remanescentes influenciam nas alterações hidrológicas para barragens e os cinco componentes do regime natural de vazão também foram esclarecidas, com suporte da metodologia de Planejamento Fatorial.

Durante a caracterização das séries de vazão do regime pós-impacto foi possível detectar que os experimentos de **uso não consuntivo** não tiveram grandes alterações nas vazões médias enquanto o contrário aconteceu com os

experimentos de **uso consuntivo**, independentemente da capacidade de armazenamento e regime hídrico.

Outros dois pontos merecem destaque, as vazões máximas e a Q_{90} . As vazões máximas só apresentaram grandes alterações no caso de barragens de grande capacidade de armazenamento em rios com o regime perene. Para a Q_{90} ocorreram dois comportamentos distintos, independentemente da capacidade de armazenamento e regime hídrico. Para todos os experimentos de uso não consuntivo o valor da Q_{90} superou o valor do regime não alterado, evidenciando uma maior disponibilidade a jusante devido à existência da barragem. Os experimentos de uso consuntivo alteraram o rio de forma drástica, liberando a jusante a Q_{90} com mesmo valor de vazão adotado como vazão remanescente, ou seja, reduziram as vazões naturais. Neste caso, barragens com este tipo de uso merecem atenção, pois em uma época de pouca vazão ao armazenar água em seu reservatório para atender a suas demandas os impactos a jusante podem ser altos e irreversíveis em alguns casos.

As alterações hidrológicas afetaram de forma distinta e com diferentes graus cada grupo de parâmetros hidrológicos do IHA. Em alguns casos foi possível identificar um comportamento diferente entre os experimentos de **uso consuntivo** e **não consuntivo**, demonstrando o poder de alteração da demanda sobre o regime hidrológico. Com relação à magnitude das vazões mensais médias, magnitude e duração das vazões extremas anuais e da frequência e duração destas (Grupos 1, 2 e 4), ficou mais evidente a influência do tipo de demanda, enquanto, no tempo de ocorrência das vazões anuais extremas e características do hidrograma (Grupos 3 e 5) outros fatores influenciaram as alterações.

Para o Grupo 1 (magnitude das condições mensais), independentemente da capacidade de armazenamento e regime hídrico, os experimentos de **uso não consuntivo** (1, 2, 6 e 7) não impuseram grandes alterações às vazões médias mensais. Enquanto nos experimentos de **uso consuntivo** (3, 4, 5 e 8) ocorreu uma redução da magnitude das vazões, evidenciando o impacto do consumo de água depois da implantação da barragem, o grau de alteração foi diferente entre os regimes e capacidades de armazenamento. Esse tipo de alteração no

Grupo 1 era previsível, pois as vazões que foram consumidas nos experimentos de uso consuntivo não retornam ao rio.

No Grupo 2 (magnitude e duração das condições de vazões anuais extremas), as curvas de permanência para barragens com pequena e grande capacidade de armazenamento apresentaram comportamentos diferentes para **os usos consuntivos e não consuntivos**. De modo geral, as alterações impostas pela implantação das barragens resultaram no aumento das vazões mínimas de 1, 3 e 7 dias e, de outro lado, na redução nas vazões máximas. Quanto às vazões mínimas de 7 dias os experimentos de **uso não consuntivo** (1, 2, 6 e 7) foram os que sofreram maiores alterações com relação ao regime não alterado, independentemente da capacidade de armazenamento e regime hídrico.

Com relação ao comportamento das alterações no Grupo 3 (tempo de ocorrência das vazões anuais extremas) as maiores alterações ocorreram nas barragens de grande capacidade do regime perene e intermitente.

Já no Grupo 4 (frequência e duração dos pulsos de vazões máximas e mínimas), pode-se afirmar que ocorreu a eliminação dos pulsos de mínima para os experimentos de **uso não consuntivo**. Devido à operação da barragem a água acumulada, lançada à jusante, regulariza o regime de tal forma que tais pulsos deixam de existir. Os pulsos de mínima na maior parte dos experimentos de **uso consuntivo**, sofreram uma redução de quantidade, porém a duração média deles aumentou. Possivelmente a operação das barragens conduziu a uma duração mais longa de períodos de pouca vazão devido ao consumo desta ser uma demanda consuntiva e a vazão liberada ter sido a remanescente. Os pulsos de máxima sofreram menos alterações do que os de mínima e foram um pouco mais intensas nas grandes capacidades de armazenamento. A duração destes pulsos também não sofreu grandes alterações na maior parte dos experimentos. Os experimentos que sofreram alterações que merecem destaque foram decorrente das grandes capacidades associados ao regime intermitente (a duração média dobrou).

Para o Grupo 5, independente da demanda, capacidade de armazenamento e regime hídrico, todos os experimentos sofreram alterações na taxa de ascensão, recessão e reversões do hidrograma.

A classificação do DHRAM indicou que as barragens causam impactos relevantes: 75% dos experimentos tiveram o trecho de rio classificado como alto risco de impacto e ou condição severamente impactada (Classe 4 ou 5).

A capacidade de armazenamento foi um fator que influenciou diretamente o impacto da alteração hidrológica no regime perene, pois os experimentos de barragens com pequena capacidade de armazenamento (volume igual a 5% da vazão média anual) foram classificados como Classe 2 (baixo risco de impacto), enquanto que todos os experimentos de barragens com grande capacidade de armazenamento (volume igual a 85% da vazão média anual) ficaram na Classe 4 (alto risco de impacto).

Para o regime intermitente, a maior parte dos experimentos foi classificado como Classe 4 (alto risco de impacto) e somente os experimentos 3 e 5, das barragens de grandes capacidade, ficaram na Classe 5 (condição severamente impactada). Por isso não é possível afirmar que somente a capacidade de armazenamento foi um fator que influenciou diretamente o impacto da alteração hidrológica. Esse resultado de alto risco de impacto e condição severamente impactada era esperado pelo regime intermitente ser mais susceptível a alterações do que o perene.

Na análise de sensibilidade do efeito das variáveis de projeto sobre as alterações hidrológicas para jusante do rio, os fatores tipo de demanda, tipologia e vazão remanescente apresentaram efeitos nos pontos de impacto do DHRAM e nos cinco grupos do IHA. Os fatores que tiveram mais efeito foram o tipo de demanda e a vazão remanescente. A tipologia apenas apresentou efeito importante no Grupo 2 do IHA (magnitude e duração das condições de vazões anuais extremas) para o regime intermitente.

De acordo com os resultados da análise fatorial para os pontos do DHRAM, uma barragem com pequena capacidade de armazenamento do regime perene utilizada para uso consuntivo (por exemplo, para abastecimento) causaria menor impacto do que se fosse utilizada para uso não consuntivo (por exemplo, a geração de energia elétrica) e o aumento da vazão remanescente causaria maior impacto à jusante.

Porém, quando se trata de uma barragem com pequena capacidade em um rio do regime intermitente ou grande nos dois regimes, o uso não consuntivo causa menos impacto do que se fosse utilizada para abastecimento. No caso da vazão remanescente, a resposta do regime perene é inversa ao intermitente: ao aumentar a vazão remanescente o impacto aumenta, enquanto no intermitente ele é reduzido.

Para os cinco grupos, de acordo com a análise fatorial quatro grupos foram mais afetados: Grupo 1 (magnitude das condições mensais), Grupo 2 (magnitude e duração das condições de vazões anuais extremas), Grupo 4 (frequência e duração dos pulsos de vazões máximas e mínimas) e Grupo 5 (taxa e frequência de mudança no hidrograma), sendo que a magnitude e sentido da alteração variou em cada variável utilizada conforme previsto em uma das hipóteses deste trabalho.

Com as ferramentas aplicadas neste trabalho, acredita-se que os projetos de barragens poderão ser melhor avaliados e, por consequência, alternativas de uso e medidas mitigadoras possam ser adotadas preventivamente para que venham a minimizar os impactos no regime do rio para jusante. Por exemplo, o estabelecimento de vazões ecológicas que equilibrem os benefícios socioeconômicos e ambientais do retorno de tais vazões ao rio, principalmente com relação aos parâmetros e grupos que mais forem alterados pela barragem.

Este trabalho apresentou algumas limitações tais como:

- ✓ A demanda foi assumida como constante ao longo do ano;
- ✓ Apesar de tentar ser o mais abrangente possível quanto à construção dos cenários, o valor escolhido para o α (coeficiente de forma) não contemplou encostas côncavas. O mesmo ocorreu com relação ao K (coeficiente de abertura) que não contemplou vales regulares de relevo ondulado médio;
- ✓ Os valores de vazão remanescente escolhidos tiveram base apenas na legislação do Estado da Bahia;
- ✓ Não foi analisado o efeito de impactos cumulativos, como por exemplo, uma série de barragens em um mesmo trecho de rio;

- ✓ Todos os cenários de demanda e características de armazenamento foram hipotéticos, por isso não foi possível verificar se os grupos do IHA foram afetados conforme previsto no caso de uma barragem real;
- ✓ Para as barragens de grandes capacidades de armazenamento, independentemente do regime hídrico, devido à presença de anos com vazão constante no período pós-impacto o IHA apresentou incoerências no cálculo do dia de ocorrência da vazão mínima e máxima do Grupo 3 (tempo de ocorrência das vazões anuais extremas);
- ✓ O limiar das mudanças hidrológicas usado para atribuição dos pontos de impacto do DHRAM pode não ser adequado ao regime hídrico de países tropicais, apesar de o autor garantir que os limites podem ser utilizados mundialmente;
- ✓ O uso do DHRAM implica em utilizar estatística paramétrica no IHA, que para casos de rios intermitentes pode não ser adequado.
- ✓ Foi aplicada apenas uma metodologia de avaliação e uma de classificação para a verificação da relação entre as variáveis de projeto e as alterações hidrológicas no planejamento fatorial. Com a aplicação de mais metodologias poderia ser feita uma comparação do efeito e magnitude das variáveis de projeto, assim como o sentido do impacto à jusante.

Como sugestão para trabalhos futuros:

- ✓ Utilizar uma demanda que varie ao longo do ano;
- ✓ Adicionar o fator das mudanças climáticas aos cenários;
- ✓ Trabalhar com variações sub-diárias de vazão e verificar se existem metodologias para avaliar e classificar estas alterações (em especial para casos de geração de hidroeletricidade);
- ✓ Os valores de vazão remanescente escolhidos poderiam contemplar outros limites estabelecidos por legislações de outros estados além dos que foram utilizados (Bahia);
- ✓ Analisar o impacto cumulativo de barragens pequenas e grandes capacidades de armazenamento em um mesmo trecho de rio;

- ✓ Avaliar as metodologias utilizadas neste trabalho com a simulação de barragens reais, comparando com os impactos reais ou previstos no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA);
- ✓ Estudar um novo limiar para a pontuação das mudanças hidrológicas usado na metodologia do DHRAM com base em regimes hídricos do Brasil e comparar com o proposto por Black *et al*, 2005;
- ✓ Para as barragens de grandes capacidades de armazenamento onde as regras de operação causem anos com vazão constante no período pós-impacto deverá ser criado um método diferente daquele aplicado pelo software do IHA para o cálculo dos parâmetros do Grupo 3;
- ✓ Desenvolver critérios quali-quantitativos para atribuir os pontos de impacto do DHRAM na Média e CV do Grupo 3 nos experimentos em que as barragens causem anos com vazão constante diferente de zero no período pós-impacto.
- ✓ Comparar os resultados de diferentes metodologias de avaliação e classificação das alterações hidrológicas frente as resposta do planejamento fatorial;
- ✓ Verificar a aplicabilidade desta metodologia durante a atividade prática do licenciamento ambiental de barragens.

8. REFERÊNCIAS

[TNC] THE NATURE CONSERVANCY. Indicators of Hydrologic Alteration Version 7.1 User's Manual, 2009.

[WCD] World Commission on Dams. Dams and Development: A New Framework for Decision-making. London: Earthscan Publications, 2000.

BAHIA (Estado). Instrução Normativa nº 01, de 27 de Fevereiro de 2007. Dispõe sobre a emissão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos de domínio do Estado da Bahia, assim como a sua renovação, ampliação, alteração, transferência, revisão, suspensão e extinção, e dá outras providências. Diário oficial, 27 de fevereiro de 2007.

BAHIA (Estado). Resolução CEPRAM nº 3702 de 24 de novembro de 2006. Aprova a Norma Técnica NT-005/2006 e seus Anexos, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de barragem, no estado da Bahia. Diário oficial, 24 de novembro de 2006.

BATALLA, R. J.; GÓMEZ, C. M.; KONDOLF, G. M.. Reservoir-induced hydrological changes in the Ebro River basin (NE Spain). *Journal of Hydrology*, 2004. 290, p. 117–136.

BERTHOUEX P. M.; BROWN, L. C. *Statistics for environmental engineers*. Second edition. United States of America: CRC Press LLC, 2002. p. 463.

BIZZI, S.;PIANOSI, F; SONCINI-SESSA, R. Valuing hydrological alteration in multi-objective water resources management. *Journal of Hydrology*, 2012. 472–473, p. 277–286.

BLACK, A.R.; BRAGG, O.M.; DUCK, R.W.; JONES, A.M.; ROWAN, J.S.; WERRITTY, A. *Methods of assessing anthropogenic impacts on the hydrology of rivers and lochs: a user manual introducing the Dundee Hydrological Regime Assessment Method*. Scotland and Northern Ireland Forum for Environmental Research, Report SR, Stirling, July 2000. 01/2F.

BLACK, A.R.; ROWAN, J.S.; DUCK, R.W.; BRAGG, O.M.; CLELLAND, B.E. DHRAM: a method for classifying river flow regime alterations for the EC Water

Framework Directive. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 17 March, 2005. 15, p. 427–446.

BOAS, C. L. V. Uso múltiplo de reservatórios. In: Seminário da Engenharia Comemorativo ao Dia Mundial da Água, 2006, Goiânia. Seminário da Engenharia Comemorativo ao Dia Mundial da Água, 2006.

BRASIL. Diretrizes ambientais para projeto e construção de barragens e operação de reservatórios. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica, Unidade de Gerenciamento do Proágua/Semi-arido. – Brasília: Bárbara Bela Editora Gráfica e Papelaria Ltda., 2005. 112p.

BRASIL. Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, 20 de setembro de 2010. Seção I.

BRASIL. Resolução nº 143 de 10 de julho de 2012. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, 4 de setembro de 2012, Seção 1, Nº 172, ISSN 1677-7042.

BUNN, S. E.; ARTHINGTON, A. H. Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. Environmental Management, October 2002, Volume 30, Issue 4, p. 492-507.

BURKE, M.; JORDE, K.; BUFFINGTON, J. M. Application of a hierarchical framework for assessing environmental impacts of dam operation: Changes in streamflow, bed mobility and recruitment of riparian trees in a western North American river. Journal of Environmental Management, 2009. 90, p. S224-S236.

CAMPOS, J. N. B. (Coordenação). Hidrologia de reservatórios: a Construção de uma teoria. Fortaleza: ASTEF/ Expressão gráfica e Editora Ltda., 2006. 286 p.

CAMPOS, J. N. B. Dimensionamento de Reservatórios e o método do diagrama de regularização. Fortaleza: Edições UFC, 1996. 56 p.

COLLIER, M.; WEBB, R. H.; SCHMIDT, J. C. DAMS AND RIVERS: A Primer on the Downstream Effects of Dams. U.S. GEOLOGICAL SURVEY: Circular 1126, 2000, ed. 2.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. Introduzindo a hidrologia. IPH UFRG. Versão 5, Maio 2008.

CONNELL J. H. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. Science, 1978, vol. 199, p. 1302-1310.

DITTMANN, R.; FROEHLICH, F.; POHL, R; OSTROWSKI, M. Optimum multi-objective reservoir operation with emphasis on flood control and ecology. Natural Hazards Earth System Sciences, 2009, 9, p.1973–1980.

EISELE, M.; STEINBRICH, A.; HILDEBRAND, A.; LEIBUNDGUT, C. The significance of hydrological criteria for the assessment of the ecological quality in river basins. Physics and Chemistry of the Earth, 2003. 28, p. 529–536.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FITZHUGH, T. W. EFCAM: A method for assessing alteration of environmental flow components. River Research and Applications, 2013, Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/rra.2681.

GENZ, F.; LUZ, L. D. Avaliação das alterações hidrológicas no baixo trecho do Rio São Francisco. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.

GENZ, F., LUZ, L.D. Distinguishing the effects of climate on discharge in a tropical river highly impacted by large dams. Hydrological Sciences Journal, 2012. 57(5): 1020-1034.

GENZ, F.; TANAJURA, C. A. S.; ARAÚJO, H. A. Impacto das mudanças climáticas nas vazões dos rios Pojuca, Paraguaçu e Grande – cenários de 2070 a 2100. *Bahia análise & dados*, Salvador, v. 21, n. 24, p.807-823, out./dez. 2011. INSS 0103 8117.

GRAF, W. L. Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers. *Geomorphology*, 2006. 79, p. 336–360.

JEONG, J., KANNAN, N., ARNOLD, J.G. Effects of urbanization and climate change on stream health in north-central Texas. *Journal of Environmental Quality*, 2012, doi:10.2134/jeq2011.0345.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems, p. 110—127. In D. P. Dodge [ed.] *Proceedings of the international Large River. Symposium*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquatic. Sci. 106.

LANNA, A. E. REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RESERVATÓRIOS. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ ABRH, 2009.

MAGILLIGAN, F. J.; NISLOW, K. H. Changes in hydrologic regime by dams. *Geomorphology*, 2005. 71, p. 61–78.

MATHEWS, R.; RICHTER, B. D. Application of the Indicators of Hydrologic Alteration Software in Environmental Flow Setting. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 2007, 43: 1400–1413.

MC MANAMAY, R. A.; ORTH, D. J.; DOLLOFF, C. A. Revisiting the homogenization of dammed rivers in the southeastern US. *Journal of Hydrology*, 2012. p. 217–237.

MOLLE F.; CADIER, E. *Manual do Pequeno Açude*. Recife: SUDENE-DPG-DPP-APR, 1992.

MOYLE, P. B.; MOUNT, J. F. Homogenous rivers, homogenous faunas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007.104(14), p. 5711-5712.

NILSSON, C.; Reidy, C. A.; Dynesius, M.; Revenga, C. Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River System. *Science*, April, 2005, Vol. 308, p. 405-408.

OLDEN, J. D.; POFF, N. L. Redundancy and the choice of hydrologic indices for characterizing streamflow regimes. *River Research and Applications*, 13 January, 2003. 19: p. 101–121.

POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M. B.; KARR, J. R.; PRESTEGAARD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPARKS, R. E.; STROMBERG, J. C. The Natural Flow Regime: A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience*, December, 1997. Vol. 47, n° 11, p. 769-784.

POFF, N. L.; HART, D. D. How Dams Vary and Why It Matters for the Emerging Science of Dam Removal. *BioScience*, August, 2002. Vol. 52, n° 8, p. 659-668.

POFF, N. L.; ZIMMERMAN, J. K. H. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, 2010. 55, p. 194–205.

POSTEL, S; RICHTER B. *Rivers for life: managing water for people and nature*. United States of America: Island Press, 2003. 253p.

PRINGLE, C. M.; FREEMAN, M. C.; FREEMAN, B. J. Regional Effect of Hydrologic Alterations on Riverine Macrobiota in the New World: Tropical-Temperate Comparisons. *BioScience*, September, 2000. Vol. 5, n° 9, p. 807-823.

RICHTER, B. D.; BAUMGARTNER, J.V.; POWELL, J.; BRAUN, D.P. A Method for Assessing Hydrologic Alteration with Ecosystems. *Conservation Biology*, August, 1996. Vol. 10, n° 4, p. 1163-1174.

RICHTER, B. D.; BAUMGARTNER J. V.; WIGINGTON, R.; BRAUN D. P. How much water does a river need?. *Fresh Biology*, 1997. 37, p. 231-249.

RICHTER, B. D.; BAUMGARTNER J. V.; BRAUN D. P.; POWELL, J. A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. *Regulated Rivers: Research & Management*, January, 1998. 14: p. 329–340.

RONDON, M. M.; GENZ, F.; SILVA, S. F.; KIPERSTOK, A. Alterações hidrológicas no alto do Paraguaçu devido a barragem Apertado. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.

ROSENBERG, D. M.; MCCULLY, P.; PRINGLE, C. M. Global-Scale Environmental Effects of Hydrological Alterations: Introduction. *BioScience*, 2000. 50(9): p.746-751.

SILVA, S. F. Análise da disponibilidade e demanda para o sistema de abastecimento de água de Salvador frente a cenário de mudanças climáticas. 2012. 149 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Salvador.

SILVEIRA, G. L. *et al.*. 1 CONCEPÇÃO GERAL. In: SILVEIRA G, L.; CRUZ, J. C. (Org.). Seleção ambiental de barragens: análise de favorabilidades ambientais em escala de bacia hidrográfica. Santa Maria: Editora UFSM, 2005.

STEVANUX, J. C.; MARTINS, D. P.; MEURER, M. Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. *Geomorphology*, Volume 113, Issues 3–4, 15 December 2009, p. 230–238.

STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE. History and credits. Disponível em: <http://www.weap21.org/index.asp?action=219>. Acesso em 21 de agosto de 2013.

TAYLOR, D. L.; BOLGRIEN, D. W.; ANGRADI, T. R.; PEARSON, M. S.; HILL, B. H.. Habitat and hydrology condition indices for the upper Mississippi, Missouri, and Ohio rivers. *Ecological Indicators*, 2013. 29, p. 111–124.

TUNDISI, J. G. Reservatórios como Sistemas Complexos: Teoria, Aplicações e Perspectivas para Usos Múltiplos. In: HENRY, R. (Editor). *Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FUNDIBIO: FAPESP, 1999. 800 p.

ULVI, T. Lecture: Experiences with the DHRAM Tool. 4th Nordic WFD Workshop. Hurdalsjø, Norway, September of 2011.

USGS. National Hydrologic Assessment Tool (NATHAT). Disponível em: <<http://www.fort.usgs.gov/products/software/nathat/>>. Acesso em: 19 de março de 2013.

VOROSMARTY, C. J.; SHARMA, K. P.; FEKETE, B. M.; COPELAND, A. H.; HOLDEN, J.; MARBLE J.; LOUGH J. A. The Storage and Aging of Continental Runoff in Large Reservoir Systems of the World. *Ambio*, Vol. 26, nº 4, p. 210-219, June, 1997.

YANG, Z.; YAN, Y.; LIU, Q. Assessment of the flow regime alterations in the Lower Yellow River, China. *Ecological Informatics*, 2012. 10, p. 56–64.

ZHAO, Q.; LIU, S.; DENG, L.; DONG, S.; CONG; WANG; YANG, Z.; YANG, J. Landscape change and hydrologic alteration associated with dam construction. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2012. 16, p. 17-26.

9. APÊNDICE

APÊNDICE A: CURVAS COTA-VOLUME DAS BARRAGENS HIPOTÉTICAS

AS CURVAS UTILIZADAS PARA AS BARRAGENS DE PEQUENA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

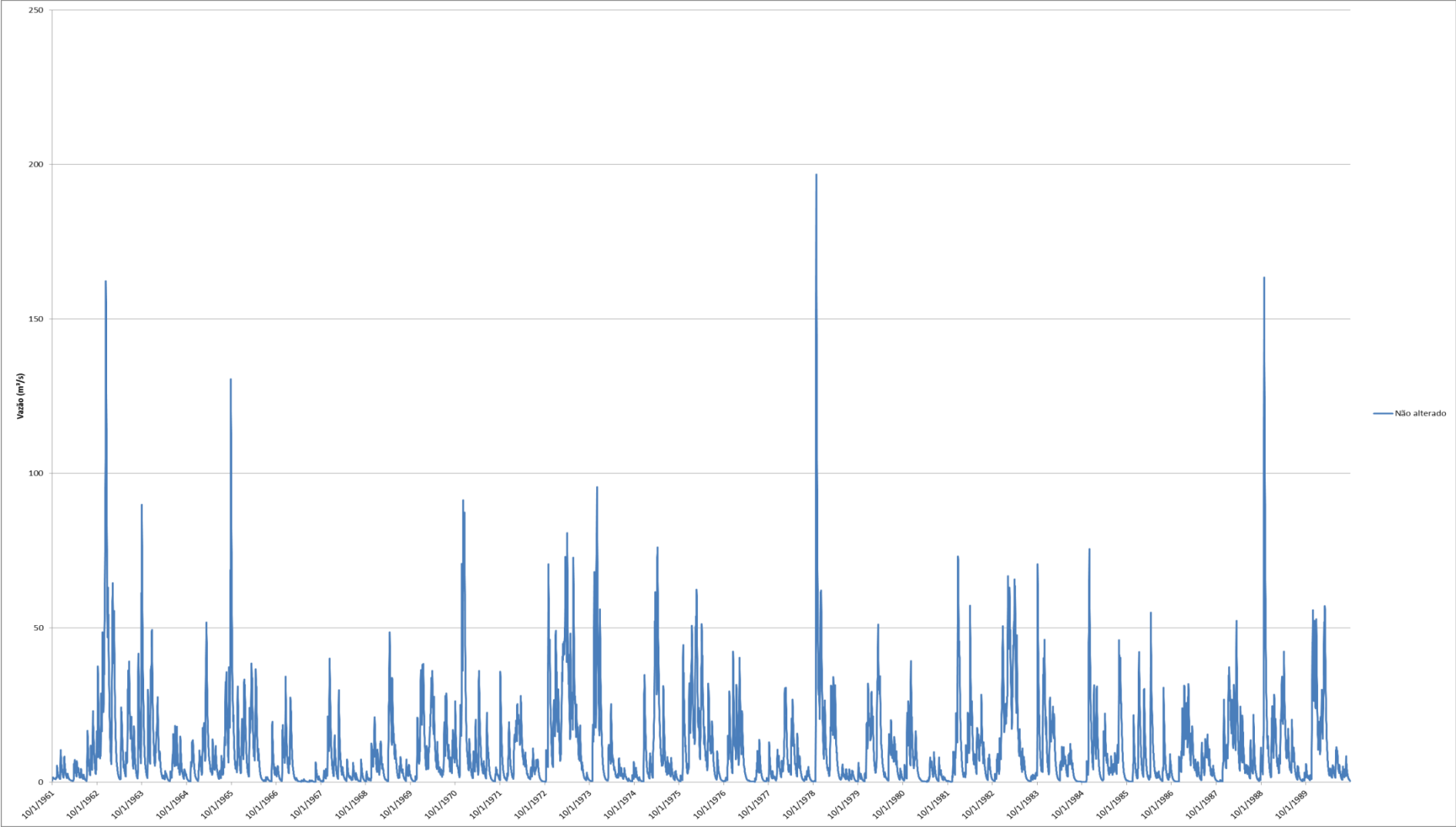
Volume (hm ³)	Cota	Volume (hm ³)	Cota
0	0	0	0
0,0006	1	0,01	1
0,103479725	5	1,724662077	5
0,950935915	10	15,768	9,984014
3,480513153	15		
8,738708175	20		
15,768	24,05099		

AS CURVAS UTILIZADAS PARA AS BARRAGENS DE GRANDE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

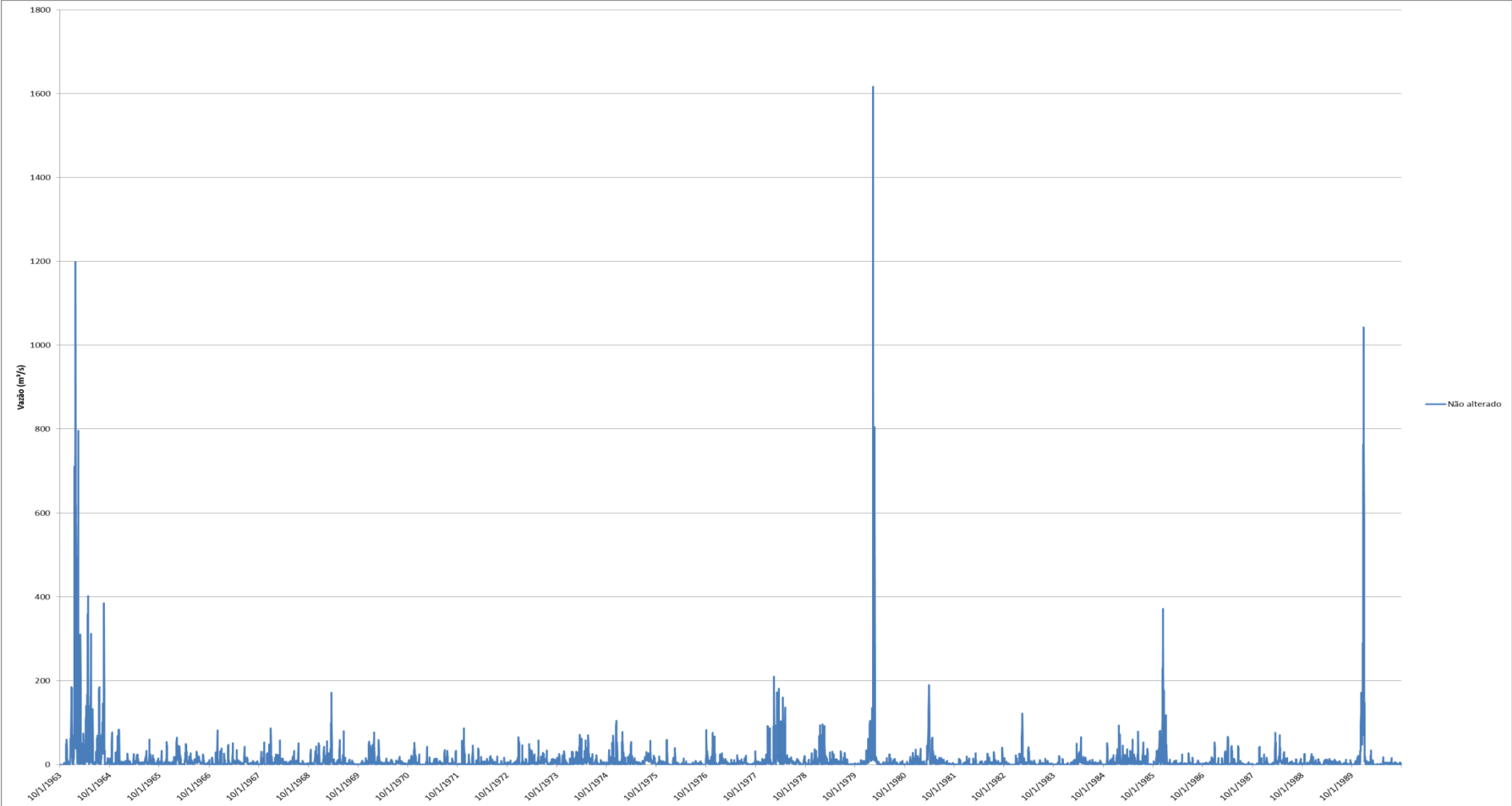
Volume (hm ³)	Cota	Volume (hm ³)	Cota
0	0	0	0
0,0006	1	0,01	1
0,103479725	5	1,724662077	5
0,950935915	10	15,84893192	10
3,480513153	15	58,00855256	15
8,738708175	20	145,6451362	20
17,84675568	25	268,056	24,2002849
31,98447787	30		
52,38042192	35		
80,30511764	40		
117,0661389	45		
164,0043111	50		
222,4906971	55		
268,056	58,2972694		

APÊNDICE B: HIDROGRAMAS DOS REGIMES NÃO ALTERADOS

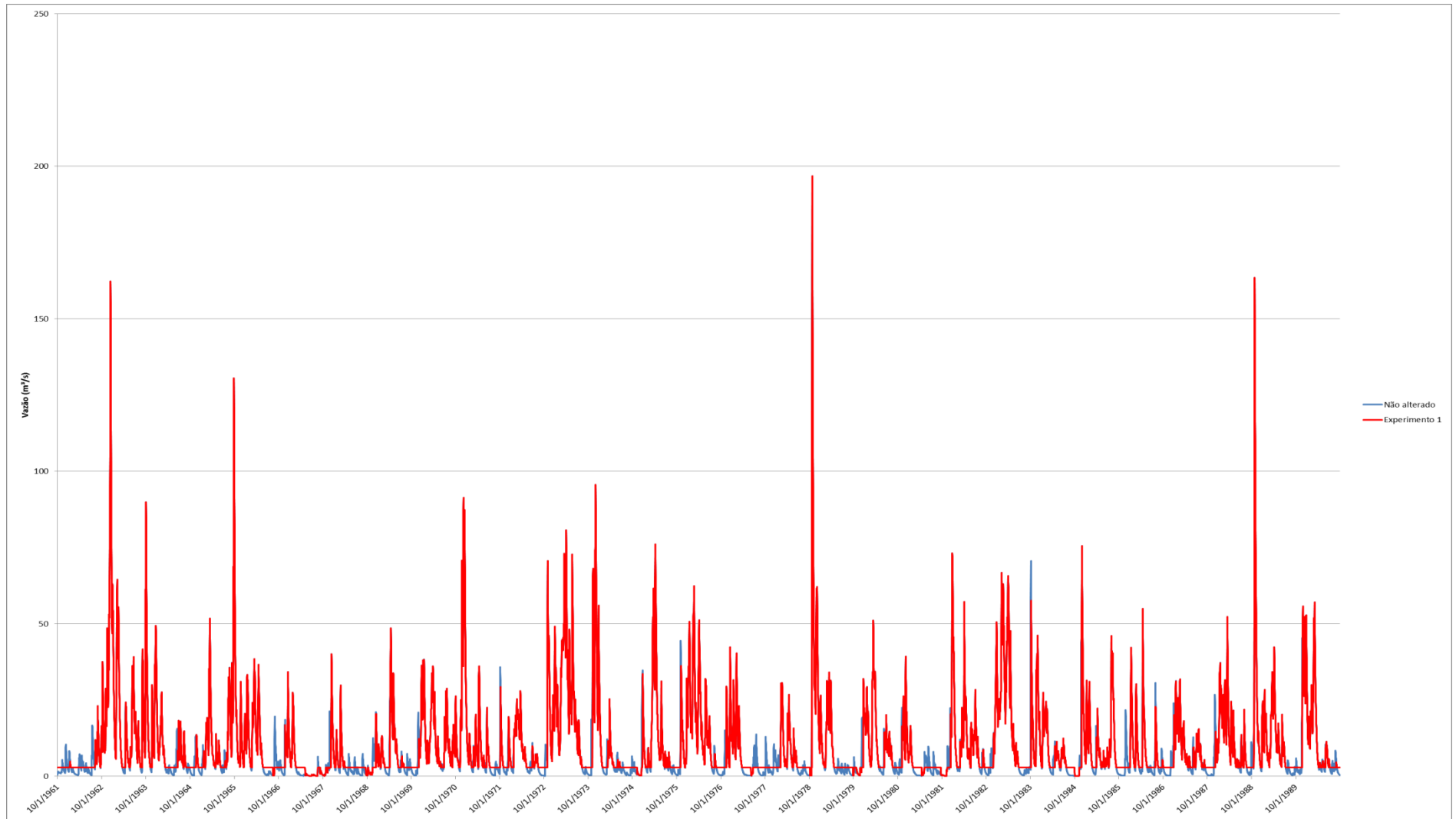
REGIME PERENE

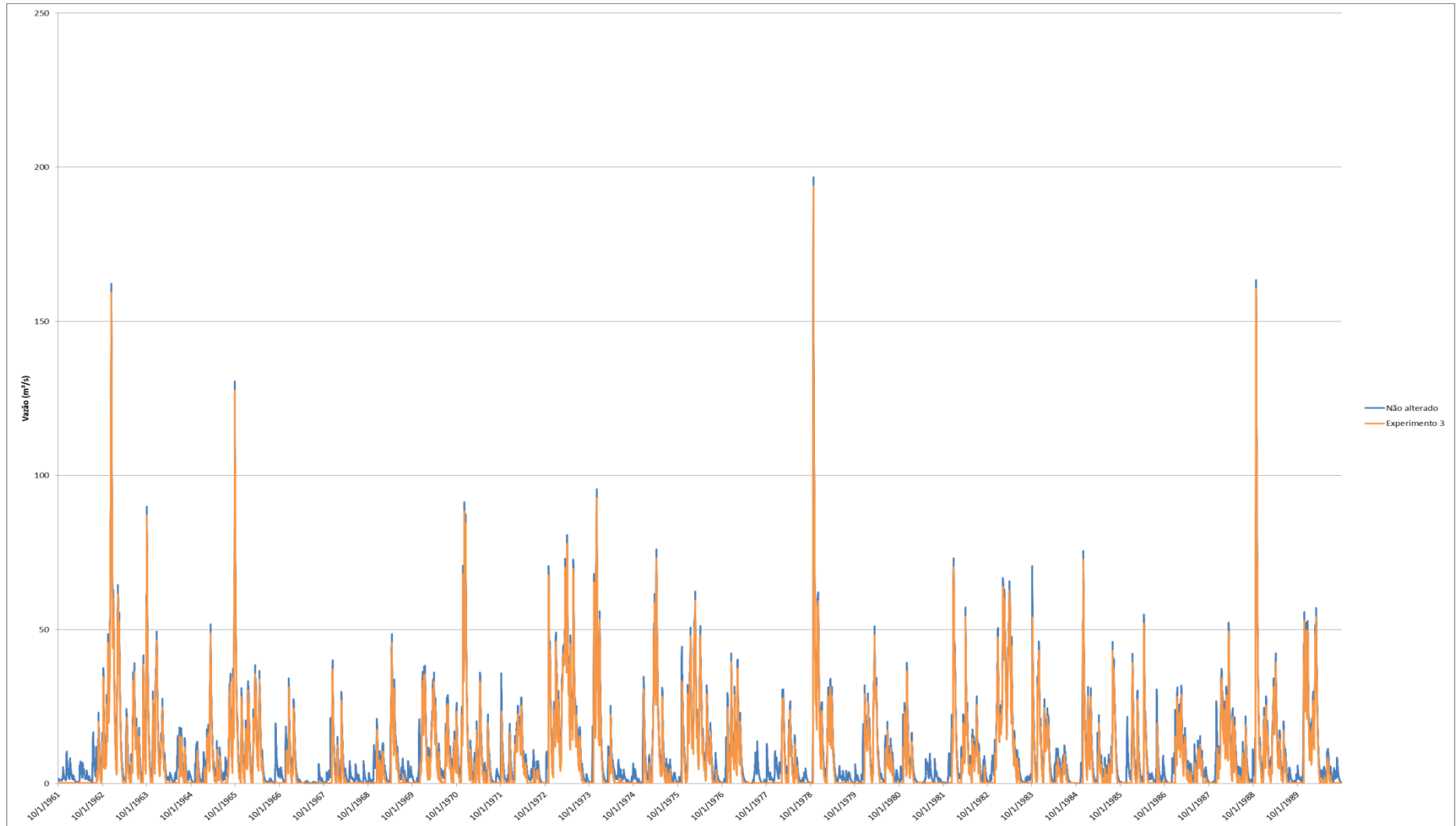


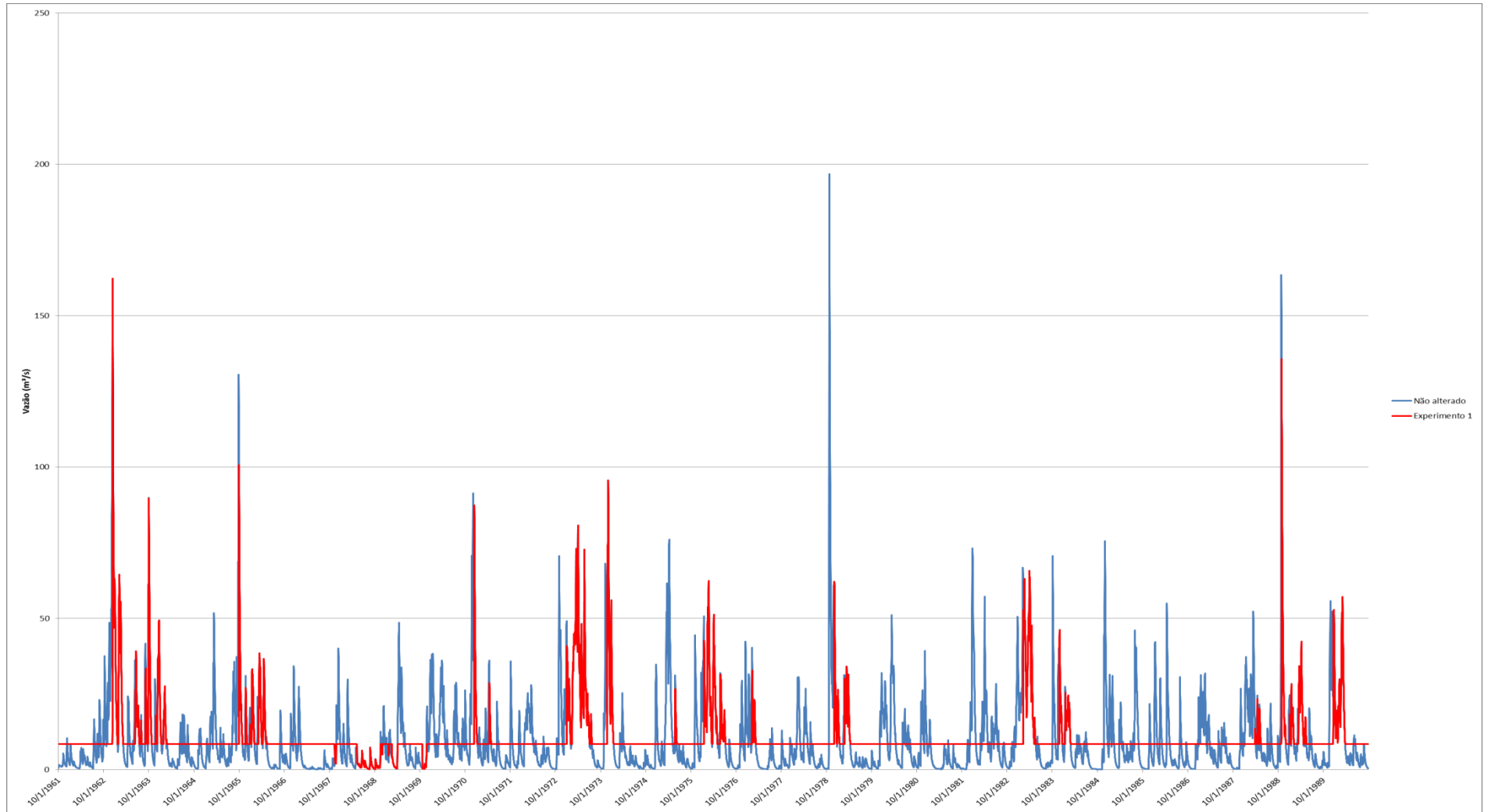
REGIME INTERMITENTE



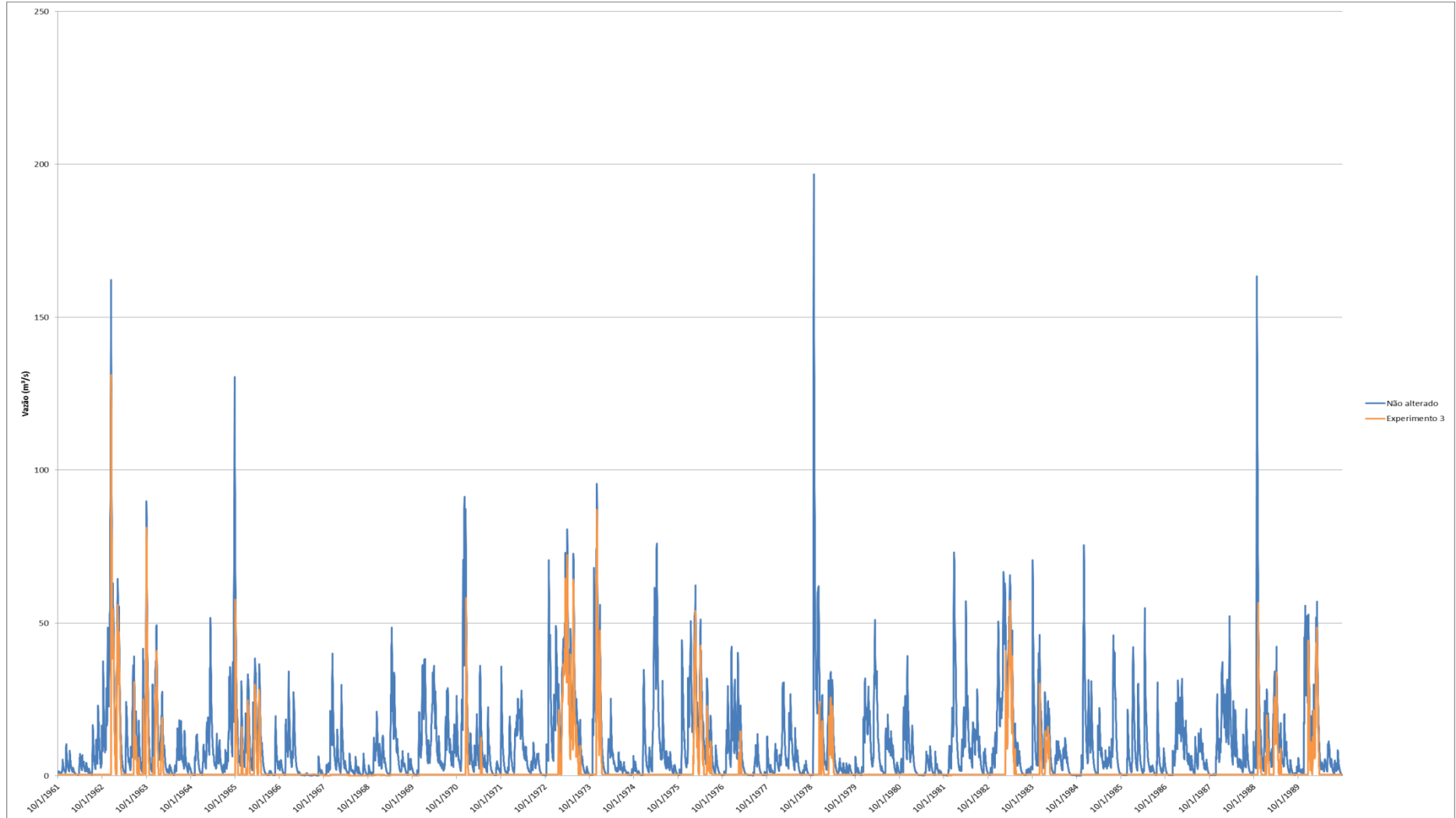
APÊNDICE C: HIDROGRAMAS DOS REGIMES ALTERADOS

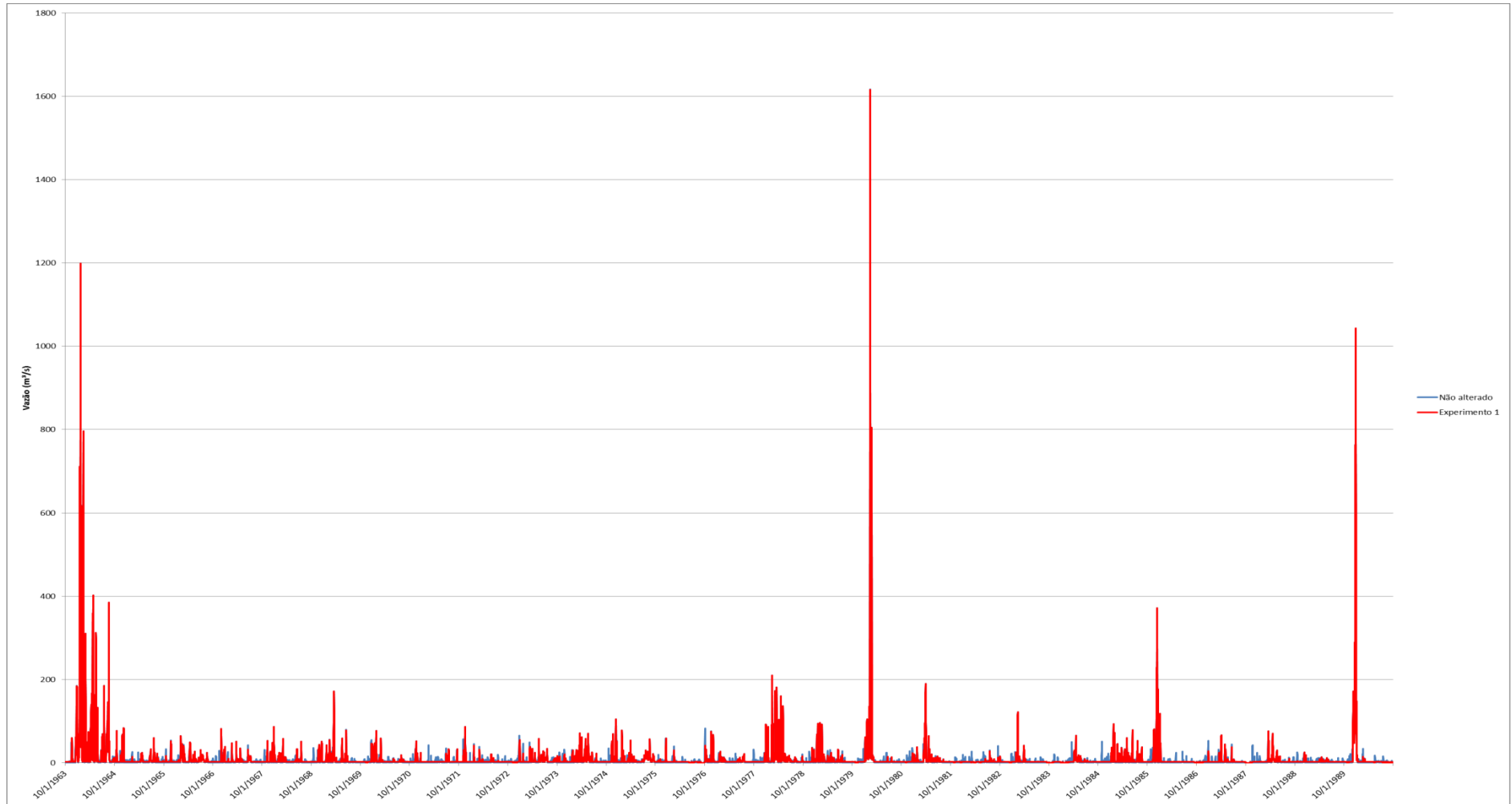
REGIME PERENE PEQUENA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO – EXPERIMENTO 1

REGIME PERENE PEQUENA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO – EXPERIMENTO 3

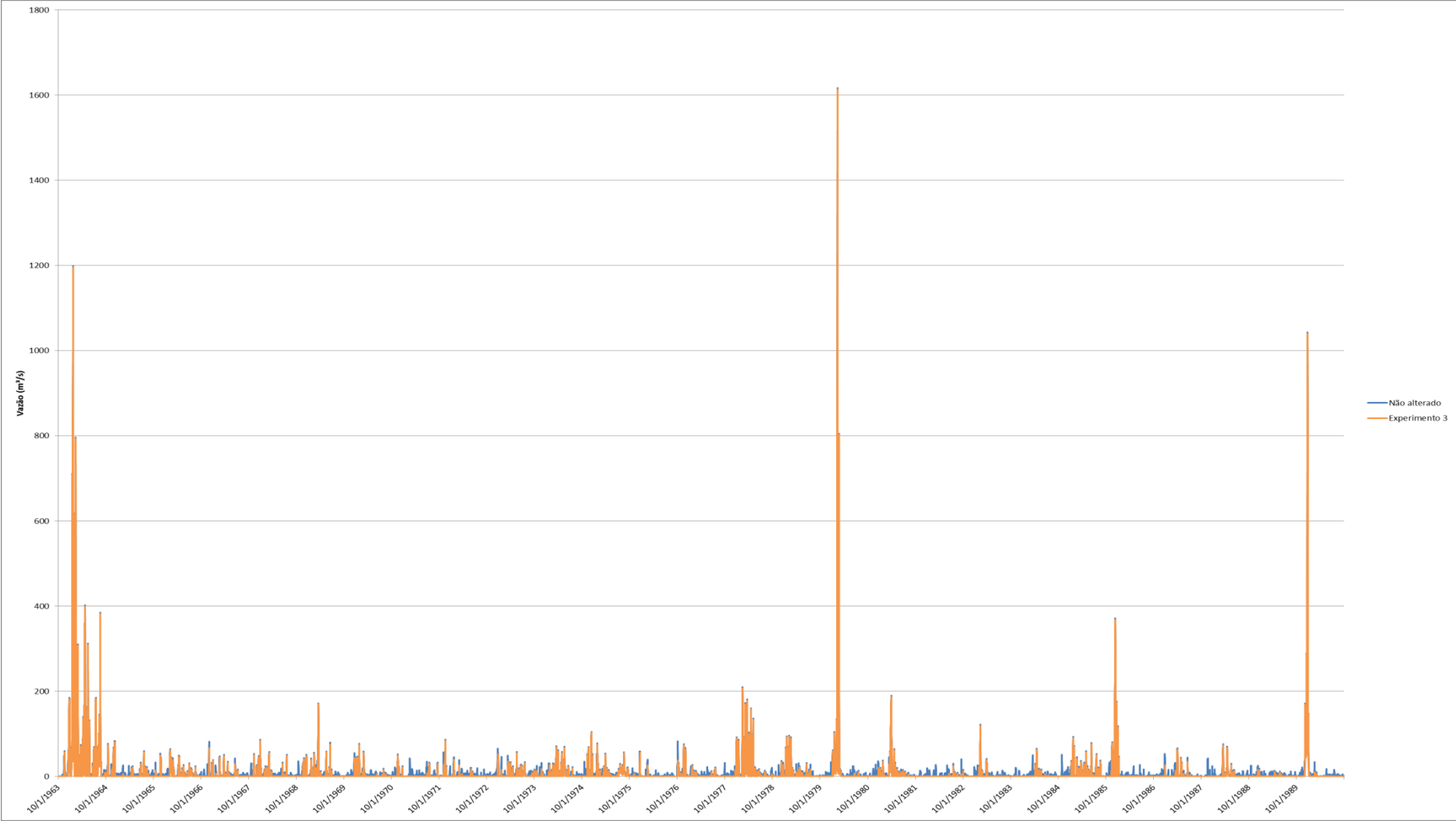
REGIME PERENE GRANDE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO – EXPERIMENTO 1

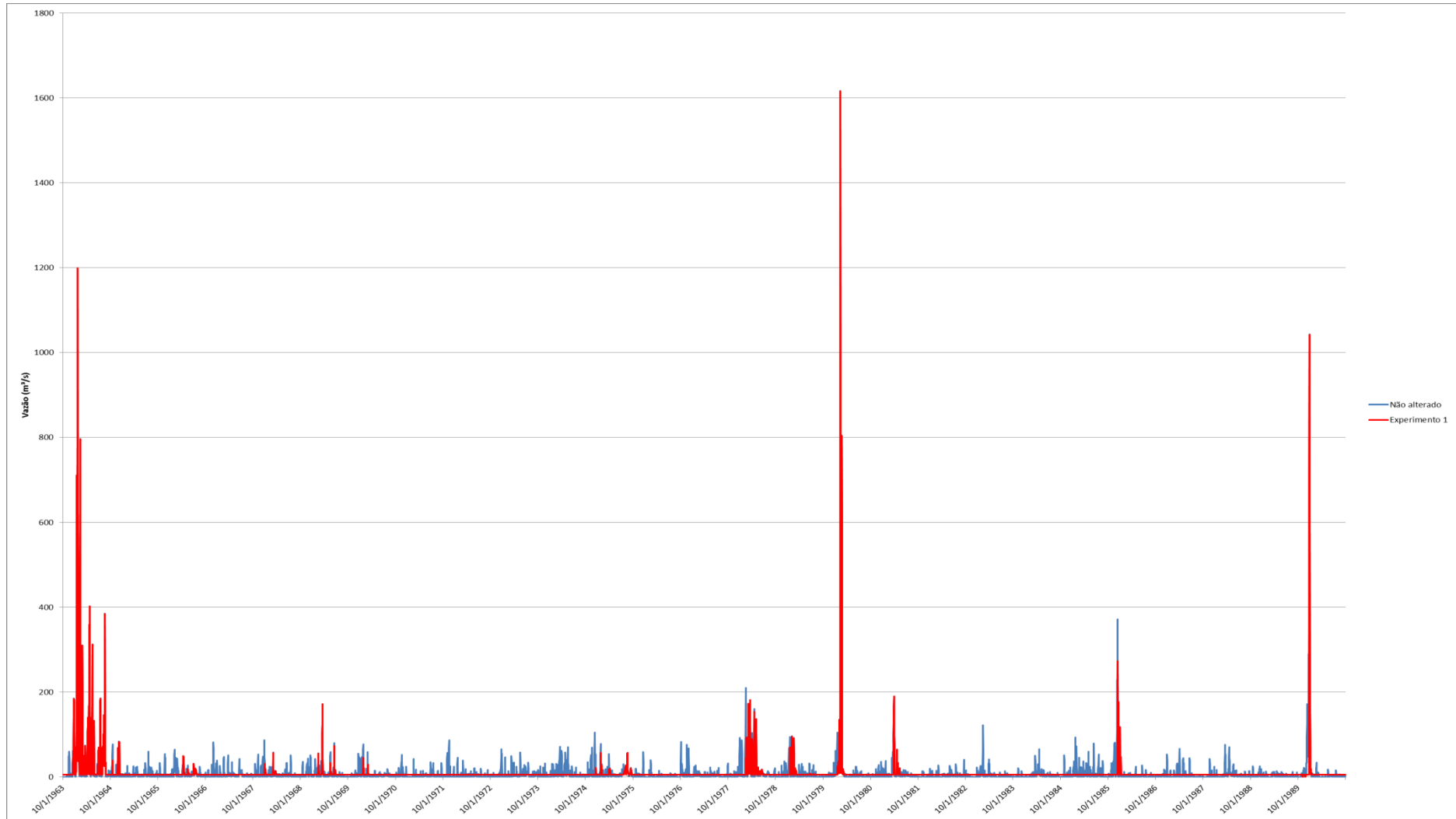
REGIME PERENE GRANDE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO – EXPERIMENTO 3

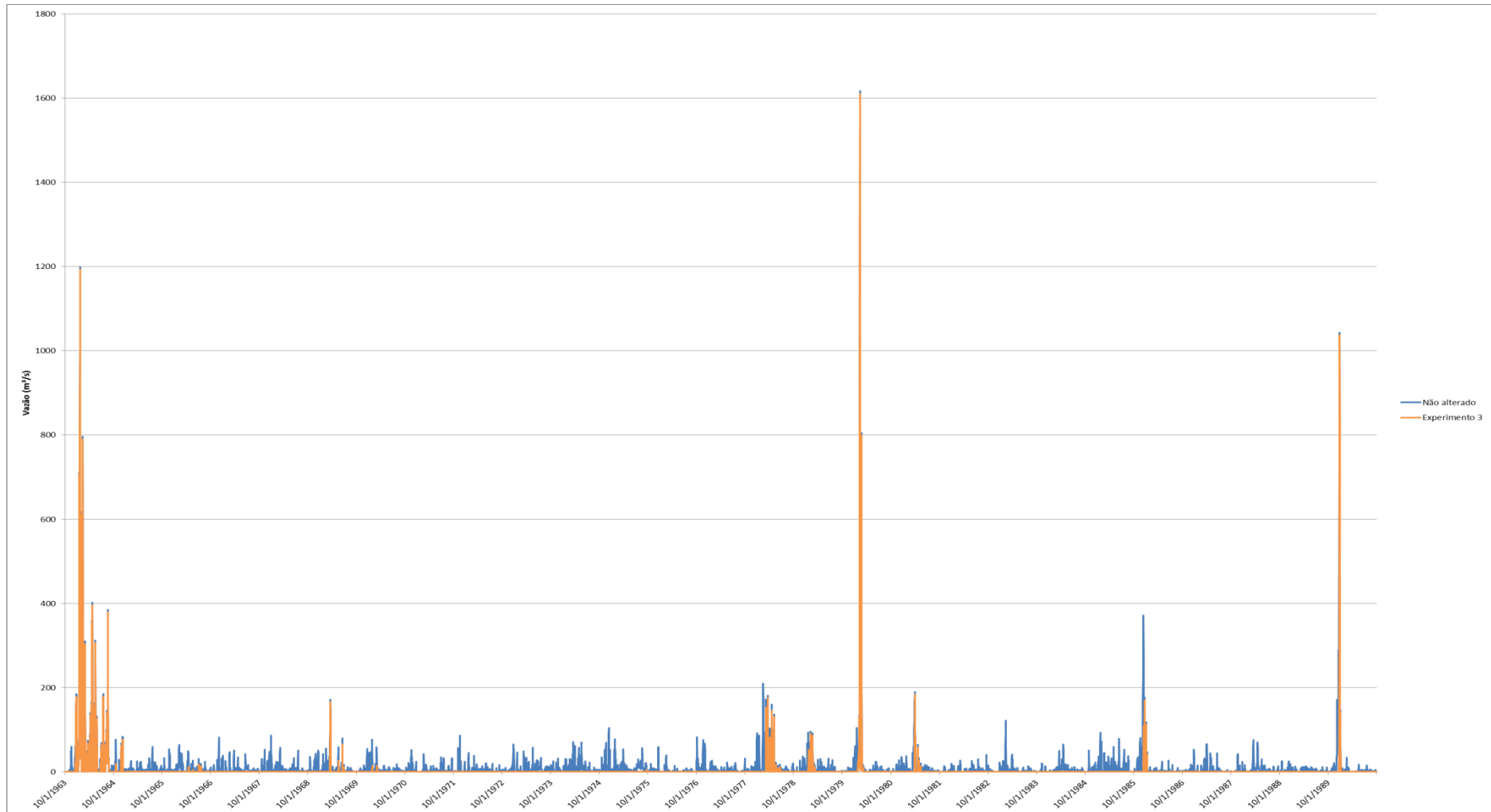


REGIME INTERMITENTE PEQUENA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO – EXPERIMENTO 1

REGIME INTERMITENTE PEQUENA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO – EXPERIMENTO 3



REGIME INTERMITENTE GRANDE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO – EXPERIMENTO 1

REGIME INTERMITENTE GRANDE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO – EXPERIMENTO 3

APÊNDICE D: RESULTADO DO IHA

REGIME PERENE PARA BARRAGENS DE PEQUENA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

IHA Experimento 1	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	8,611	1,489	1,366	0,009729	0,1131	-0,1234	-8,285
Novembro	12,98	12,01	0,9738	1,042	-0,9733	-7,496	0,06813	6,997
Dezembro	20,3	19,08	0,8632	0,9438	-1,22	-6,009	0,08064	9,342
Janeiro	14,57	14,46	0,5064	0,5197	-0,1126	-0,7732	0,01331	2,629
Fevereiro	14,51	14,69	0,8603	0,837	0,1817	1,252	-0,02335	-2,713
Março	15,16	15,49	0,8572	0,82	0,327	2,156	-0,03719	-4,339
Abril	13,34	13,33	0,8762	0,8386	-0,008517	-0,06386	-0,03758	-4,289
Mai	6,529	6,742	1,027	0,9692	0,2136	3,272	-0,05822	-5,666
Junho	6,355	6,336	0,8585	0,8364	-0,01897	-0,2986	-0,02211	-2,575
Julho	5,604	5,708	0,7643	0,7008	0,1033	1,843	-0,06353	-8,311
Agosto	4,581	5,16	1,185	0,9921	0,5786	12,63	-0,1925	-16,25
Setembro	4,39	5,345	1,896	1,514	0,9547	21,75	-0,3821	-20,15
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	1,839	0,6822	0,7281	1,613	711,1	0,04587	6,724
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	1,848	0,6849	0,7186	1,61	676,3	0,0337	4,92
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	1,872	0,6593	0,6938	1,615	626,4	0,03456	5,242
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	2,164	0,7931	0,4802	1,615	293,8	-0,3129	-39,45
Vazão mínima de 90 dias	2,792	3,546	0,668	0,3895	0,7544	27,02	-0,2784	-41,69
Vazão máxima diária	72,59	71,91	0,5925	0,6022	-0,6809	-0,938	0,009712	1,639
Vazão máxima de 3 dias	68,24	67,7	0,582	0,5907	-0,5379	-0,7882	0,008624	1,482
Vazão máxima de 7 dias	60,4	59,63	0,5689	0,5725	-0,7633	-1,264	0,003606	0,6338
Vazão máxima de 30 dias	37,31	36,79	0,5032	0,5098	-0,5207	-1,396	0,006622	1,316
Vazão máxima de 90 dias	23,4	23	0,4596	0,4695	-0,4086	-1,746	0,009829	2,139
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	263,4	0,1726	0,1524	3,517	1,922	-0,02026	-11,74
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	312,7	0,279	0,2789	0,3793	0,2073	-6,732E-05	-0,02413
Parâmetros do Grupo 4								
Número pulsos de mínima em cada ano	4,69	0,6207	0,4633	1,455	-4,069	-86,76	0,9914	214
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	20,82	0,7264	0,7095	-2,655	-11,31	-0,01695	-2,334
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	4,034	0,5305	0,5401	-0,06897	-1,681	0,009629	1,815
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,42	0,4622	0,4548	-0,1232	-1,291	-0,00733	-1,586
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	3,723	0,3427	0,4204	0,9263	33,13	0,07773	22,68
Taxa de recessão	-0,8292	-1,277	-0,4232	-0,357	-0,4477	53,99	0,0662	-15,64
Número de reversões	49,79	34,97	0,1806	0,3619	-14,83	-29,78	0,1813	100,4

IHA Experimento 2	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	8,611	1,489	1,366	0,009729	0,1131	-0,1234	-8,285
Novembro	12,98	12,01	0,9738	1,042	-0,9733	-7,496	0,06813	6,997
Dezembro	20,3	19,08	0,8632	0,9438	-1,22	-6,009	0,08064	9,342
Janeiro	14,57	14,46	0,5064	0,5197	-0,1126	-0,7732	0,01331	2,629
Fevereiro	14,51	14,69	0,8603	0,837	0,1817	1,252	-0,02335	-2,713
Março	15,16	15,49	0,8572	0,82	0,327	2,156	-0,03719	-4,339
Abril	13,34	13,33	0,8762	0,8386	-0,008517	-0,06386	-0,03758	-4,289
Mai	6,529	6,742	1,027	0,9692	0,2136	3,272	-0,05822	-5,666
Junho	6,355	6,336	0,8585	0,8364	-0,01897	-0,2986	-0,02211	-2,575
Julho	5,604	5,708	0,7643	0,7008	0,1033	1,843	-0,06353	-8,311
Agosto	4,581	5,16	1,185	0,9921	0,5786	12,63	-0,1925	-16,25
Setembro	4,39	5,345	1,896	1,514	0,9547	21,75	-0,3821	-20,15
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	1,839	0,6822	0,7281	1,613	711,1	0,04587	6,724
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	1,848	0,6849	0,7186	1,61	676,3	0,0337	4,92
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	1,872	0,6593	0,6938	1,615	626,4	0,03456	5,242
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	2,164	0,7931	0,4802	1,615	293,8	-0,3129	-39,45
Vazão mínima de 90 dias	2,792	3,546	0,668	0,3895	0,7544	27,02	-0,2784	-41,69
Vazão máxima diária	72,59	71,91	0,5925	0,6022	-0,6809	-0,938	0,009712	1,639
Vazão máxima de 3 dias	68,24	67,7	0,582	0,5907	-0,5379	-0,7882	0,008624	1,482
Vazão máxima de 7 dias	60,4	59,63	0,5689	0,5725	-0,7633	-1,264	0,003606	0,6338
Vazão máxima de 30 dias	37,31	36,79	0,5032	0,5098	-0,5207	-1,396	0,006622	1,316
Vazão máxima de 90 dias	23,4	23	0,4596	0,4695	-0,4086	-1,746	0,009829	2,139
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	263,4	0,1726	0,1524	3,517	1,922	-0,02026	-11,74
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	312,7	0,279	0,2789	0,3793	0,2073	-0,00006732	-0,02413
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	0,6207	0,4633	1,455	-4,069	-86,76	0,9914	214
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	20,82	0,7264	0,7095	-2,655	-11,31	-0,01695	-2,334
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	4,034	0,5305	0,5401	-0,06897	-1,681	0,009629	1,815
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,42	0,4622	0,4548	-0,1232	-1,291	-0,00733	-1,586
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	3,723	0,3427	0,4204	0,9263	33,13	0,07773	22,68
Taxa de recessão	-0,8292	-1,277	-0,4232	-0,357	-0,4477	53,99	0,0662	-15,64
Número de reversões	49,79	34,97	0,1806	0,3619	-14,83	-29,78	0,1813	100,4

IHA Experimento 3	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	6,146	1,489	1,882	-2,455	-28,54	0,393	26,39
Novembro	12,98	9,306	0,9738	1,32	-3,679	-28,33	0,3465	35,59
Dezembro	20,3	16,23	0,8632	1,108	-4,071	-20,05	0,2446	28,34
Janeiro	14,57	11,58	0,5064	0,6479	-2,99	-20,52	0,1415	27,95
Fevereiro	14,51	11,82	0,8603	1,038	-2,692	-18,55	0,1778	20,66
Março	15,16	12,66	0,8572	1,001	-2,509	-16,54	0,1435	16,74
Abril	13,34	10,52	0,8762	1,055	-2,815	-21,11	0,1784	20,36
Mai	6,529	4,012	1,027	1,606	-2,517	-38,55	0,5782	56,27
Junho	6,355	3,614	0,8585	1,425	-2,74	-43,12	0,5661	65,94
Julho	5,604	2,983	0,7643	1,295	-2,622	-46,78	0,5307	69,44
Agosto	4,581	2,438	1,185	2,053	-2,143	-46,77	0,8681	73,28
Setembro	4,39	2,702	1,896	2,962	-1,688	-38,44	1,065	56,18
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	0,07797	0,6822	1,047	-0,1488	-65,62	0,365	53,51
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	0,08132	0,6849	1,002	-0,1568	-65,85	0,3167	46,25
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	0,09766	0,6593	0,7694	-0,1601	-62,11	0,1101	16,7
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	0,1278	0,7931	0,5277	-0,4219	-76,76	-0,2655	-33,47
Vazão mínima de 90 dias	2,792	0,9523	0,668	1,237	-1,84	-65,89	0,5687	85,13
Vazão máxima diária	72,59	68,97	0,5925	0,6286	-3,618	-4,983	0,03614	6,1
Vazão máxima de 3 dias	68,24	64,7	0,582	0,6188	-3,539	-5,187	0,03679	6,321
Vazão máxima de 7 dias	60,4	56,67	0,5689	0,603	-3,729	-6,174	0,03414	6,002
Vazão máxima de 30 dias	37,31	33,86	0,5032	0,5555	-3,443	-9,228	0,0523	10,39
Vazão máxima de 90 dias	23,4	20,08	0,4596	0,5395	-3,323	-14,2	0,07985	17,37
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	265,3	0,1726	0,1653	5,414	2,958	-0,00728	-4,217
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	318,4	0,279	0,2862	5,31	2,902	0,007238	2,594
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	4,759	0,4633	0,3997	0,06897	1,471	-0,06362	-13,73
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	50,33	0,7264	0,8581	26,86	114,4	0,1316	18,12
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	3,448	0,5305	0,6082	-0,6552	-15,97	0,07773	14,65
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,199	0,4622	0,5073	-0,3446	-3,611	0,04512	9,762
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	3,603	0,3427	0,4136	0,8066	28,85	0,07092	20,69
Taxa de recessão	-0,8292	-1,255	-0,4232	-0,3717	-0,4257	51,34	0,05157	-12,18
Número de reversões	49,79	34,69	0,1806	0,3607	-15,1	-30,33	0,1801	99,71

IHA Experimento 4	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	6,324	1,489	1,796	-2,278	-26,48	0,3072	20,64
Novembro	12,98	9,258	0,9738	1,317	-3,727	-28,7	0,343	35,22
Dezembro	20,3	16,15	0,8632	1,111	-4,151	-20,45	0,2482	28,75
Janeiro	14,57	11,59	0,5064	0,6414	-2,984	-20,48	0,135	26,65
Fevereiro	14,51	11,85	0,8603	1,03	-2,663	-18,36	0,1693	19,68
Março	15,16	12,75	0,8572	0,9844	-2,416	-15,93	0,1272	14,84
Abril	13,34	10,57	0,8762	1,039	-2,766	-20,74	0,163	18,61
Mai	6,529	4,195	1,027	1,511	-2,334	-35,75	0,4837	47,08
Junho	6,355	3,702	0,8585	1,365	-2,653	-41,75	0,5068	59,04
Julho	5,604	3,136	0,7643	1,176	-2,468	-44,04	0,412	53,9
Agosto	4,581	2,686	1,185	1,798	-1,895	-41,36	0,6137	51,81
Setembro	4,39	2,983	1,896	2,64	-1,407	-32,05	0,7441	39,24
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	0,1217	0,6822	1,552	-0,1051	-46,33	0,8698	127,5
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	0,1522	0,6849	1,4	-0,08595	-36,1	0,7151	104,4
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	0,1958	0,6593	1,25	-0,0619	-24,02	0,5906	89,59
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	0,3345	0,7931	0,745	-0,2152	-39,15	-0,04808	-6,062
Vazão mínima de 90 dias	2,792	1,222	0,668	0,8792	-1,57	-56,25	0,2113	31,63
Vazão máxima diária	72,59	68,97	0,5925	0,6286	-3,623	-4,991	0,03614	6,099
Vazão máxima de 3 dias	68,24	64,7	0,582	0,6188	-3,545	-5,195	0,03679	6,321
Vazão máxima de 7 dias	60,4	56,64	0,5689	0,6028	-3,76	-6,225	0,03397	5,971
Vazão máxima de 30 dias	37,31	33,75	0,5032	0,5593	-3,555	-9,53	0,05612	11,15
Vazão máxima de 90 dias	23,4	19,99	0,4596	0,5446	-3,412	-14,58	0,08501	18,5
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	274,5	0,1726	0,1739	14,62	7,989	0,00126	0,73
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	318,4	0,279	0,2862	5,31	2,902	0,007238	2,594
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	4,414	0,4633	0,4261	-0,2759	-5,882	-0,03726	-8,041
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	54,44	0,7264	0,7911	30,97	131,9	0,06469	8,905
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	3,448	0,5305	0,6082	-0,6552	-15,97	0,07773	14,65
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,171	0,4622	0,507	-0,3725	-3,903	0,04486	9,706
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	3,57	0,3427	0,4334	0,7742	27,69	0,09074	26,48
Taxa de recessão	-0,8292	-1,196	-0,4232	-0,3984	-0,3665	44,2	0,02487	-5,875
Número de reversões	49,79	34,31	0,1806	0,3371	-15,48	-31,09	0,1565	86,65

IHA Experimento 5	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	6,135	1,489	1,884	-2,466	-28,67	0,395	26,53
Novembro	12,98	9,29	0,9738	1,322	-3,695	-28,46	0,3484	35,78
Dezembro	20,3	16,23	0,8632	1,108	-4,076	-20,08	0,245	28,39
Janeiro	14,57	11,57	0,5064	0,6483	-2,999	-20,58	0,1419	28,03
Fevereiro	14,51	11,81	0,8603	1,038	-2,693	-18,56	0,1779	20,67
Março	15,16	12,66	0,8572	1,001	-2,508	-16,54	0,1434	16,73
Abril	13,34	10,53	0,8762	1,054	-2,813	-21,09	0,1781	20,33
Mai	6,529	4,013	1,027	1,605	-2,516	-38,54	0,5777	56,23
Junho	6,355	3,619	0,8585	1,422	-2,736	-43,05	0,5639	65,69
Julho	5,604	2,984	0,7643	1,294	-2,621	-46,76	0,5302	69,36
Agosto	4,581	2,432	1,185	2,056	-2,149	-46,92	0,8716	73,57
Setembro	4,39	2,694	1,896	2,968	-1,696	-38,63	1,071	56,5
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	0,07624	0,6822	1,053	-0,1506	-66,38	0,3709	54,36
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	0,07916	0,6849	1,015	-0,1589	-66,76	0,33	48,19
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	0,09518	0,6593	0,7849	-0,1626	-63,07	0,1256	19,05
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	0,1272	0,7931	0,5265	-0,4224	-76,85	-0,2666	-33,62
Vazão mínima de 90 dias	2,792	0,951	0,668	1,238	-1,841	-65,94	0,5702	85,36
Vazão máxima diária	72,59	68,97	0,5925	0,6286	-3,623	-4,991	0,03614	6,099
Vazão máxima de 3 dias	68,24	64,7	0,582	0,6188	-3,545	-5,195	0,03679	6,321
Vazão máxima de 7 dias	60,4	56,66	0,5689	0,603	-3,737	-6,188	0,03416	6,005
Vazão máxima de 30 dias	37,31	33,86	0,5032	0,5556	-3,447	-9,24	0,05238	10,41
Vazão máxima de 90 dias	23,4	20,08	0,4596	0,5397	-3,329	-14,22	0,08006	17,42
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	265,1	0,1726	0,1653	5,276	2,883	-0,007344	-4,255
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	318,4	0,279	0,2862	5,31	2,902	0,007238	2,594
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	4,759	0,4633	0,3997	0,06897	1,471	-0,06362	-13,73
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	50,35	0,7264	0,8577	26,87	114,5	0,1313	18,07
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	3,448	0,5305	0,6082	-0,6552	-15,97	0,07773	14,65
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,199	0,4622	0,5073	-0,3446	-3,611	0,04512	9,762
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	3,592	0,3427	0,4162	0,7959	28,46	0,07351	21,45
Taxa de recessão	-0,8292	-1,254	-0,4232	-0,3691	-0,4253	51,29	0,05416	-12,8
Número de reversões	49,79	34,76	0,1806	0,3584	-15,03	-30,19	0,1778	98,43

IHA Experimento 6	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	8,593	1,489	1,366	-0,008166	-0,09494	-0,1226	-8,232
Novembro	12,98	11,99	0,9738	1,044	-0,9953	-7,665	0,06995	7,183
Dezembro	20,3	19,08	0,8632	0,9442	-1,226	-6,038	0,08103	9,387
Janeiro	14,57	14,44	0,5064	0,5201	-0,1241	-0,8518	0,01367	2,7
Fevereiro	14,51	14,68	0,8603	0,8372	0,1767	1,218	-0,02315	-2,691
Março	15,16	15,49	0,8572	0,82	0,3274	2,159	-0,03724	-4,344
Abril	13,34	13,33	0,8762	0,8382	-0,004775	-0,0358	-0,03791	-4,327
Mai	6,529	6,745	1,027	0,9687	0,216	3,308	-0,0588	-5,723
Junho	6,355	6,341	0,8585	0,8353	-0,01347	-0,212	-0,02316	-2,697
Julho	5,604	5,709	0,7643	0,7005	0,1046	1,866	-0,06384	-8,352
Agosto	4,581	5,153	1,185	0,9926	0,5721	12,49	-0,192	-16,21
Setembro	4,39	5,331	1,896	1,517	0,9411	21,44	-0,3792	-19,99
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	1,809	0,6822	0,7327	1,582	697,7	0,05049	7,401
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	1,838	0,6849	0,7191	1,6	671,9	0,03418	4,99
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	1,868	0,6593	0,6935	1,611	624,9	0,03419	5,185
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	2,164	0,7931	0,4789	1,614	293,7	-0,3142	-39,62
Vazão mínima de 90 dias	2,792	3,543	0,668	0,3896	0,7514	26,91	-0,2784	-41,67
Vazão máxima diária	72,59	71,88	0,5925	0,6025	-0,7113	-0,9798	0,01004	1,694
Vazão máxima de 3 dias	68,24	67,67	0,582	0,5911	-0,5733	-0,8401	0,009023	1,55
Vazão máxima de 7 dias	60,4	59,62	0,5689	0,5726	-0,7802	-1,292	0,003758	0,6606
Vazão máxima de 30 dias	37,31	36,78	0,5032	0,51	-0,5265	-1,411	0,006744	1,34
Vazão máxima de 90 dias	23,4	22,99	0,4596	0,4696	-0,4143	-1,77	0,009958	2,166
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	263,6	0,1726	0,1525	3,69	2,016	-0,02014	-11,67
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	312,8	0,279	0,2789	0,3448	0,1884	-0,00009909	-0,03552
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	0,6207	0,4633	1,455	-4,069	-86,76	0,9914	214
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	20,94	0,7264	0,7042	-2,534	-10,8	-0,02226	-3,064
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	4,034	0,5305	0,5401	-0,06897	-1,681	0,009629	1,815
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,411	0,4622	0,4547	-0,1321	-1,385	-0,007463	-1,615
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	3,704	0,3427	0,415	0,9082	32,48	0,07231	21,1
Taxa de recessão	-0,8292	-1,276	-0,4232	-0,3587	-0,4466	53,86	0,06455	-15,25
Número de reversões	49,79	35,17	0,1806	0,3647	-14,62	-29,36	0,184	101,9

IHA Experimento 7	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	8,593	1,489	1,366	-0,008166	-0,09494	-0,1226	-8,232
Novembro	12,98	11,99	0,9738	1,044	-0,9953	-7,665	0,06995	7,183
Dezembro	20,3	19,08	0,8632	0,9442	-1,226	-6,038	0,08103	9,387
Janeiro	14,57	14,44	0,5064	0,5201	-0,1241	-0,8518	0,01367	2,7
Fevereiro	14,51	14,68	0,8603	0,8372	0,1767	1,218	-0,02315	-2,691
Março	15,16	15,49	0,8572	0,82	0,3274	2,159	-0,03724	-4,344
Abril	13,34	13,33	0,8762	0,8382	-0,004775	-0,0358	-0,03791	-4,327
Mai	6,529	6,745	1,027	0,9687	0,216	3,308	-0,0588	-5,723
Junho	6,355	6,341	0,8585	0,8353	-0,01347	-0,212	-0,02316	-2,697
Julho	5,604	5,709	0,7643	0,7005	0,1046	1,866	-0,06384	-8,352
Agosto	4,581	5,153	1,185	0,9926	0,5721	12,49	-0,192	-16,21
Setembro	4,39	5,331	1,896	1,517	0,9411	21,44	-0,3792	-19,99
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	1,809	0,6822	0,7327	1,582	697,7	0,05049	7,401
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	1,838	0,6849	0,7191	1,6	671,9	0,03418	4,99
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	1,868	0,6593	0,6935	1,611	624,9	0,03419	5,185
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	2,164	0,7931	0,4789	1,614	293,7	-0,3142	-39,62
Vazão mínima de 90 dias	2,792	3,543	0,668	0,3896	0,7514	26,91	-0,2784	-41,67
Vazão máxima diária	72,59	71,88	0,5925	0,6025	-0,7113	-0,9798	0,01004	1,694
Vazão máxima de 3 dias	68,24	67,67	0,582	0,5911	-0,5733	-0,8401	0,009023	1,55
Vazão máxima de 7 dias	60,4	59,62	0,5689	0,5726	-0,7802	-1,292	0,003758	0,6606
Vazão máxima de 30 dias	37,31	36,78	0,5032	0,51	-0,5265	-1,411	0,006744	1,34
Vazão máxima de 90 dias	23,4	22,99	0,4596	0,4696	-0,4143	-1,77	0,009958	2,166
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	263,6	0,1726	0,1525	3,69	2,016	-0,02014	-11,67
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	312,8	0,279	0,2789	0,3448	0,1884	-0,00009909	-0,03552
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	0,6207	0,4633	1,455	-4,069	-86,76	0,9914	214
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	20,94	0,7264	0,7042	-2,534	-10,8	-0,02226	-3,064
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	4,034	0,5305	0,5401	-0,06897	-1,681	0,009629	1,815
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,411	0,4622	0,4547	-0,1321	-1,385	-0,007463	-1,615
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	3,706	0,3427	0,4147	0,91	32,54	0,07205	21,03
Taxa de recessão	-0,8292	-1,276	-0,4232	-0,3588	-0,4464	53,84	0,06445	-15,23
Número de reversões	49,79	35,1	0,1806	0,3629	-14,69	-29,5	0,1822	100,9

IHA Experimento 8	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	6,332	1,489	1,795	-2,269	-26,38	0,3061	20,56
Novembro	12,98	9,266	0,9738	1,315	-3,719	-28,64	0,3417	35,09
Dezembro	20,3	16,16	0,8632	1,111	-4,147	-20,42	0,2478	28,71
Janeiro	14,57	11,59	0,5064	0,641	-2,975	-20,42	0,1347	26,59
Fevereiro	14,51	11,85	0,8603	1,03	-2,661	-18,34	0,1692	19,66
Março	15,16	12,75	0,8572	0,9844	-2,416	-15,93	0,1272	14,84
Abril	13,34	10,57	0,8762	1,04	-2,77	-20,77	0,1634	18,65
Mai	6,529	4,193	1,027	1,512	-2,336	-35,77	0,4844	47,15
Junho	6,355	3,699	0,8585	1,366	-2,656	-41,79	0,508	59,17
Julho	5,604	3,134	0,7643	1,177	-2,47	-44,07	0,4125	53,97
Agosto	4,581	2,692	1,185	1,796	-1,889	-41,24	0,6115	51,62
Setembro	4,39	2,99	1,896	2,636	-1,4	-31,88	0,7399	39,02
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	0,1189	0,6822	1,555	-0,1079	-47,59	0,8726	127,9
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	0,1599	0,6849	1,332	-0,07824	-32,86	0,6466	94,41
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	0,2016	0,6593	1,238	-0,05612	-21,77	0,5788	87,79
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	0,3391	0,7931	0,7451	-0,2106	-38,31	-0,04806	-6,06
Vazão mínima de 90 dias	2,792	1,223	0,668	0,8781	-1,569	-56,2	0,2102	31,47
Vazão máxima diária	72,59	68,97	0,5925	0,6286	-3,618	-4,983	0,03614	6,1
Vazão máxima de 3 dias	68,24	64,7	0,582	0,6188	-3,539	-5,187	0,03679	6,321
Vazão máxima de 7 dias	60,4	56,64	0,5689	0,6028	-3,753	-6,214	0,03397	5,971
Vazão máxima de 30 dias	37,31	33,76	0,5032	0,5593	-3,548	-9,51	0,05605	11,14
Vazão máxima de 90 dias	23,4	20	0,4596	0,5444	-3,406	-14,55	0,08478	18,44
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	274,5	0,1726	0,1739	14,62	7,989	0,00126	0,73
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	318,4	0,279	0,2862	5,31	2,902	0,007238	2,594
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	4,414	0,4633	0,4261	-0,2759	-5,882	-0,03726	-8,041
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	54,43	0,7264	0,7913	30,96	131,9	0,06488	8,93
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	3,448	0,5305	0,6082	-0,6552	-15,97	0,07773	14,65
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,171	0,4622	0,507	-0,3725	-3,903	0,04486	9,706
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	3,573	0,3427	0,4344	0,7772	27,79	0,09178	26,78
Taxa de recessão	-0,8292	-1,198	-0,4232	-0,3972	-0,3686	44,45	0,026	-6,144
Número de reversões	49,79	34,17	0,1806	0,3368	-15,62	-31,37	0,1561	86,45

REGIME PERENE PARA BARRAGENS DE GRANDE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

IHA Experimento 1	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	10,07	1,489	0,6288	1,466	17,05	-0,8601	-57,77
Novembro	12,98	9,57	0,9738	0,5707	-3,415	-26,3	-0,403	-41,39
Dezembro	20,3	14,03	0,8632	0,856	-6,274	-30,9	-0,007153	-0,8286
Janeiro	14,57	11,14	0,5064	0,4089	-3,426	-23,52	-0,09744	-19,24
Fevereiro	14,51	13,61	0,8603	0,7535	-0,8966	-6,18	-0,1068	-12,41
Março	15,16	13	0,8572	0,8036	-2,165	-14,28	-0,05362	-6,255
Abril	13,34	12,09	0,8762	0,6811	-1,247	-9,349	-0,1951	-22,27
Mai	6,529	9,621	1,027	0,5356	3,092	47,36	-0,4918	-47,87
Junho	6,355	9,212	0,8585	0,3581	2,858	44,97	-0,5004	-58,29
Julho	5,604	8,38	0,7643	0,1842	2,775	49,52	-0,5801	-75,9
Agosto	4,581	8,181	1,185	0,1532	3,6	78,58	-1,031	-87,07
Setembro	4,39	8,706	1,896	0,3232	4,316	98,33	-1,573	-82,96
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	7,546	0,6822	0,3389	7,32	3227	-0,3433	-50,32
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	7,547	0,6849	0,3385	7,309	3070	-0,3464	-50,57
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	7,555	0,6593	0,3352	7,297	2831	-0,3241	-49,16
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	7,599	0,7931	0,316	7,049	1283	-0,4771	-60,15
Vazão mínima de 90 dias	2,792	7,934	0,668	0,1916	5,142	184,2	-0,4764	-71,32
Vazão máxima diária	72,59	45,79	0,5925	0,9616	-26,8	-36,93	0,3691	62,31
Vazão máxima de 3 dias	68,24	41,46	0,582	0,9579	-26,78	-39,24	0,3759	64,58
Vazão máxima de 7 dias	60,4	36,08	0,5689	0,9362	-24,32	-40,27	0,3673	64,57
Vazão máxima de 30 dias	37,31	22,31	0,5032	0,7951	-15	-40,21	0,2919	58,01
Vazão máxima de 90 dias	23,4	16,04	0,4596	0,6599	-7,369	-31,48	0,2003	43,58
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	276,8	0,1726	0,03407	16,93	9,252	-0,1386	-80,27
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	243	0,279	0,2614	70,14	38,33	-0,01758	-6,303
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	0,3103	0,4633	3,347	-4,379	-93,38	2,883	622,3
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	20,53	0,7264	0,4219	-2,94	-12,53	-0,3045	-41,92
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	1,655	0,5305	1,295	-2,448	-59,66	0,764	144
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	10,43	0,4622	0,5254	0,8873	9,298	0,06327	13,69
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	7,964	0,3427	1,284	5,168	184,8	0,9414	274,7
Taxa de recessão	-0,8292	-1,825	-0,4232	-0,4775	-0,9961	120,1	-0,0543	12,83
Número de reversões	49,79	9,793	0,1806	1,195	-40	-80,33	1,015	561,8

IHA Experimento 2	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	10,07	1,489	0,6288	1,466	17,05	-0,8601	-57,77
Novembro	12,98	9,57	0,9738	0,5707	-3,415	-26,3	-0,403	-41,39
Dezembro	20,3	14,03	0,8632	0,856	-6,274	-30,9	-0,007153	-0,8286
Janeiro	14,57	11,14	0,5064	0,4089	-3,426	-23,52	-0,09744	-19,24
Fevereiro	14,51	13,61	0,8603	0,7535	-0,8966	-6,18	-0,1068	-12,41
Março	15,16	13	0,8572	0,8036	-2,165	-14,28	-0,05362	-6,255
Abril	13,34	12,09	0,8762	0,6811	-1,247	-9,349	-0,1951	-22,27
Mai	6,529	9,621	1,027	0,5356	3,092	47,36	-0,4918	-47,87
Junho	6,355	9,212	0,8585	0,3581	2,858	44,97	-0,5004	-58,29
Julho	5,604	8,38	0,7643	0,1842	2,775	49,52	-0,5801	-75,9
Agosto	4,581	8,181	1,185	0,1532	3,6	78,58	-1,031	-87,07
Setembro	4,39	8,706	1,896	0,3232	4,316	98,33	-1,573	-82,96
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	7,546	0,6822	0,3389	7,32	3227	-0,3433	-50,32
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	7,547	0,6849	0,3385	7,309	3070	-0,3464	-50,57
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	7,555	0,6593	0,3352	7,297	2831	-0,3241	-49,16
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	7,599	0,7931	0,316	7,049	1283	-0,4771	-60,15
Vazão mínima de 90 dias	2,792	7,934	0,668	0,1916	5,142	184,2	-0,4764	-71,32
Vazão máxima diária	72,59	45,79	0,5925	0,9616	-26,8	-36,93	0,3691	62,31
Vazão máxima de 3 dias	68,24	41,46	0,582	0,9579	-26,78	-39,24	0,3759	64,58
Vazão máxima de 7 dias	60,4	36,08	0,5689	0,9362	-24,32	-40,27	0,3673	64,57
Vazão máxima de 30 dias	37,31	22,31	0,5032	0,7951	-15	-40,21	0,2919	58,01
Vazão máxima de 90 dias	23,4	16,04	0,4596	0,6599	-7,369	-31,48	0,2003	43,58
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	276,8	0,1726	0,03407	16,93	9,252	-0,1386	-80,27
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	243	0,279	0,2614	70,14	38,33	-0,01758	-6,303
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	0,3103	0,4633	3,347	-4,379	-93,38	2,883	622,3
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	20,53	0,7264	0,4219	-2,94	-12,53	-0,3045	-41,92
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	1,655	0,5305	1,295	-2,448	-59,66	0,764	144
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	10,43	0,4622	0,5254	0,8873	9,298	0,06327	13,69
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	7,964	0,3427	1,284	5,168	184,8	0,9414	274,7
Taxa de recessão	-0,8292	-1,825	-0,4232	-0,4775	-0,9961	120,1	-0,0543	12,83
Número de reversões	49,79	9,793	0,1806	1,195	-40	-80,33	1,015	561,8

IHA Experimento 3	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	1,718	1,489	2,734	-6,883	-80,03	1,245	83,63
Novembro	12,98	1,506	0,9738	2,311	-11,48	-88,4	1,337	137,3
Dezembro	20,3	5,075	0,8632	2,041	-15,23	-75	1,178	136,5
Janeiro	14,57	2,468	0,5064	1,427	-12,1	-83,06	0,9202	181,7
Fevereiro	14,51	4,702	0,8603	1,857	-9,806	-67,59	0,9968	115,9
Março	15,16	5,191	0,8572	1,933	-9,973	-65,77	1,076	125,5
Abril	13,34	3,97	0,8762	2,035	-9,368	-70,23	1,159	132,2
Mai	6,529	1,657	1,027	2,99	-4,872	-74,62	1,963	191
Junho	6,355	1,387	0,8585	1,98	-4,967	-78,17	1,121	130,6
Julho	5,604	0,6938	0,7643	0,9751	-4,91	-87,62	0,2107	27,57
Agosto	4,581	0,5206	1,185	0,1886	-4,061	-88,64	-0,996	-84,08
Setembro	4,39	0,9106	1,896	2,379	-3,479	-79,26	0,4823	25,43
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	0,4565	0,6822	0,3829	0,2297	101,3	-0,2993	-43,88
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	0,4569	0,6849	0,3806	0,2188	91,89	-0,3043	-44,43
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	0,4592	0,6593	0,3678	0,2015	78,16	-0,2914	-44,21
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	0,4668	0,7931	0,3327	-0,08278	-15,06	-0,4604	-58,05
Vazão mínima de 90 dias	2,792	0,4907	0,668	0,2052	-2,301	-82,43	-0,4628	-69,28
Vazão máxima diária	72,59	27,02	0,5925	1,323	-45,58	-62,78	0,7305	123,3
Vazão máxima de 3 dias	68,24	24,94	0,582	1,315	-43,3	-63,46	0,7328	125,9
Vazão máxima de 7 dias	60,4	21,48	0,5689	1,307	-38,91	-64,43	0,7377	129,7
Vazão máxima de 30 dias	37,31	12,07	0,5032	1,35	-25,24	-67,65	0,8467	168,3
Vazão máxima de 90 dias	23,4	6,962	0,4596	1,381	-16,44	-70,25	0,9216	200,5
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	279,1	0,1726	0,02981	19,21	10,5	-0,1428	-82,73
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	245,2	0,279	0,2563	67,86	37,08	-0,02265	-8,118
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	1,483	0,4633	1,344	-3,207	-68,38	0,8809	190,1
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	276,4	0,7264	1,004	252,9	1077	0,2774	38,19
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	1,034	0,5305	1,495	-3,069	-74,79	0,9644	181,8
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,338	0,4622	0,5763	-0,206	-2,158	0,1141	24,69
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	4,615	0,3427	0,9001	1,819	65,06	0,5574	162,7
Taxa de recessão	-0,8292	-1,63	-0,4232	-0,6311	-0,8006	96,55	-0,2079	49,12
Número de reversões	49,79	9,448	0,1806	1,164	-40,34	-81,02	0,9838	544,7

IHA Experimento 4	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	2,352	1,489	1,612	-6,249	-72,65	0,1234	8,291
Novembro	12,98	1,885	0,9738	0,4519	-11,1	-85,48	-0,5219	-53,59
Dezembro	20,3	4,338	0,8632	1,681	-15,96	-78,63	0,8174	94,7
Janeiro	14,57	2,703	0,5064	0,8565	-11,87	-81,45	0,3501	69,14
Fevereiro	14,51	4,003	0,8603	1,647	-10,5	-72,41	0,7865	91,41
Março	15,16	3,877	0,8572	1,199	-11,29	-74,43	0,3419	39,89
Abril	13,34	4,584	0,8762	1,562	-8,754	-65,63	0,6857	78,27
Mai	6,529	2,981	1,027	1,568	-3,548	-54,34	0,5401	52,56
Junho	6,355	2,575	0,8585	0,8258	-3,78	-59,49	-0,03266	-3,804
Julho	5,604	1,968	0,7643	0,4017	-3,636	-64,88	-0,3626	-47,44
Agosto	4,581	1,828	1,185	0,3402	-2,753	-60,09	-0,8444	-71,28
Setembro	4,39	1,978	1,896	0,8229	-2,412	-54,95	-1,073	-56,61
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	1,379	0,6822	0,7335	1,152	508	0,05124	7,511
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	1,38	0,6849	0,7325	1,142	479,4	0,04755	6,942
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	1,383	0,6593	0,7268	1,126	436,7	0,06756	10,25
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	1,424	0,7931	0,6722	0,8748	159,2	-0,1209	-15,24
Vazão mínima de 90 dias	2,792	1,623	0,668	0,4404	-1,169	-41,85	-0,2276	-34,07
Vazão máxima diária	72,59	18,99	0,5925	1,447	-53,6	-73,84	0,8543	144,2
Vazão máxima de 3 dias	68,24	17,86	0,582	1,441	-50,38	-73,83	0,8591	147,6
Vazão máxima de 7 dias	60,4	16,02	0,5689	1,416	-44,38	-73,48	0,847	148,9
Vazão máxima de 30 dias	37,31	9,726	0,5032	1,316	-27,58	-73,93	0,813	161,6
Vazão máxima de 90 dias	23,4	5,858	0,4596	1,159	-17,55	-74,97	0,6998	152,3
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	278,6	0,1726	0,04686	18,76	10,25	-0,1258	-72,86
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	242,7	0,279	0,2656	70,41	38,48	-0,01334	-4,782
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	0,5862	0,4633	2,163	-4,103	-87,5	1,7	366,9
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	86,57	0,7264	0,8917	63,1	268,8	0,1653	22,75
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	0,5517	0,5305	1,85	-3,552	-86,55	1,32	248,7
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,648	0,4622	0,5908	0,1047	1,097	0,1286	27,83
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	3,415	0,3427	1,196	0,6186	22,12	0,8535	249,1
Taxa de recessão	-0,8292	-1,203	-0,4232	-1,012	-0,3733	45,03	-0,5891	139,2
Número de reversões	49,79	9,103	0,1806	1,056	-40,69	-81,72	0,8752	484,6

IHA Experimento 5	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	1,688	1,489	2,728	-6,913	-80,37	1,239	83,2
Novembro	12,98	1,389	0,9738	2,244	-11,6	-89,3	1,27	130,4
Dezembro	20,3	4,983	0,8632	2,062	-15,32	-75,46	1,199	138,9
Janeiro	14,57	2,385	0,5064	1,444	-12,18	-83,63	0,9372	185,1
Fevereiro	14,51	4,594	0,8603	1,875	-9,914	-68,34	1,015	118
Março	15,16	5,195	0,8572	1,932	-9,97	-65,74	1,075	125,4
Abril	13,34	3,979	0,8762	2,03	-9,359	-70,17	1,154	131,7
Mai	6,529	1,661	1,027	2,983	-4,868	-74,56	1,956	190,3
Junho	6,355	1,408	0,8585	1,989	-4,946	-77,84	1,131	131,7
Julho	5,604	0,6935	0,7643	0,9733	-4,911	-87,63	0,209	27,34
Agosto	4,581	0,5191	1,185	0,1837	-4,062	-88,67	-1,001	-84,49
Setembro	4,39	0,8882	1,896	2,305	-3,502	-79,77	0,4087	21,55
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	0,4531	0,6822	0,4038	0,2263	99,78	-0,2784	-40,8
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	0,4532	0,6849	0,4028	0,2151	90,35	-0,2821	-41,19
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	0,4555	0,6593	0,3887	0,1977	76,71	-0,2706	-41,05
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	0,4639	0,7931	0,3435	-0,08576	-15,6	-0,4497	-56,69
Vazão mínima de 90 dias	2,792	0,4894	0,668	0,2085	-2,303	-82,47	-0,4594	-68,78
Vazão máxima diária	72,59	26,64	0,5925	1,334	-45,95	-63,3	0,7415	125,2
Vazão máxima de 3 dias	68,24	24,63	0,582	1,325	-43,61	-63,9	0,743	127,7
Vazão máxima de 7 dias	60,4	21,16	0,5689	1,314	-39,23	-64,96	0,745	131
Vazão máxima de 30 dias	37,31	11,96	0,5032	1,358	-25,35	-67,95	0,8548	169,9
Vazão máxima de 90 dias	23,4	6,879	0,4596	1,389	-16,53	-70,61	0,9291	202,1
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	278,6	0,1726	0,02551	18,72	10,23	-0,1471	-85,22
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	245,3	0,279	0,2565	67,79	37,05	-0,02249	-8,06
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	1,483	0,4633	1,392	-3,207	-68,38	0,9284	200,4
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	301	0,7264	0,9858	277,5	1182	0,2594	35,71
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	1,034	0,5305	1,495	-3,069	-74,79	0,9644	181,8
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,122	0,4622	0,6004	-0,4212	-4,414	0,1382	29,91
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	4,873	0,3427	0,9812	2,076	74,26	0,6385	186,3
Taxa de recessão	-0,8292	-1,632	-0,4232	-0,6339	-0,8024	96,77	-0,2107	49,78
Número de reversões	49,79	9,448	0,1806	1,163	-40,34	-81,02	0,9824	543,9

IHA Experimento 6	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	10,02	1,489	0,6219	1,419	16,5	-0,8669	-58,23
Novembro	12,98	9,465	0,9738	0,5696	-3,52	-27,11	-0,4041	-41,5
Dezembro	20,3	13,93	0,8632	0,8533	-6,372	-31,39	-0,009898	-1,147
Janeiro	14,57	11,02	0,5064	0,3933	-3,552	-24,38	-0,1131	-22,33
Fevereiro	14,51	13,49	0,8603	0,7464	-1,019	-7,021	-0,1139	-13,24
Março	15,16	12,99	0,8572	0,8047	-2,176	-14,35	-0,05249	-6,124
Abril	13,34	12,05	0,8762	0,6841	-1,286	-9,642	-0,192	-21,92
Mai	6,529	9,627	1,027	0,5349	3,098	47,46	-0,4925	-47,94
Junho	6,355	9,234	0,8585	0,3631	2,88	45,32	-0,4954	-57,71
Julho	5,604	8,379	0,7643	0,1841	2,775	49,52	-0,5802	-75,91
Agosto	4,581	8,176	1,185	0,1555	3,595	78,47	-1,029	-86,87
Setembro	4,39	8,661	1,896	0,3127	4,271	97,28	-1,584	-83,51
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	7,537	0,6822	0,3431	7,31	3223	-0,3391	-49,71
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	7,538	0,6849	0,3426	7,3	3066	-0,3423	-49,98
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	7,552	0,6593	0,3366	7,294	2830	-0,3227	-48,95
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	7,596	0,7931	0,3174	7,046	1282	-0,4757	-59,98
Vazão mínima de 90 dias	2,792	7,929	0,668	0,1939	5,137	184	-0,4741	-70,98
Vazão máxima diária	72,59	44,72	0,5925	0,9518	-27,87	-38,39	0,3593	60,65
Vazão máxima de 3 dias	68,24	40,6	0,582	0,9628	-27,64	-40,5	0,3808	65,42
Vazão máxima de 7 dias	60,4	35,54	0,5689	0,9439	-24,86	-41,15	0,3751	65,93
Vazão máxima de 30 dias	37,31	22,07	0,5032	0,8018	-15,24	-40,85	0,2986	59,34
Vazão máxima de 90 dias	23,4	15,9	0,4596	0,661	-7,509	-32,08	0,2013	43,8
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	276,5	0,1726	0,03198	16,66	9,101	-0,1406	-81,48
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	243,6	0,279	0,2592	69,52	37,99	-0,01983	-7,109
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	0,3448	0,4633	3,49	-4,345	-92,65	3,027	653,2
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	19,83	0,7264	0,4719	-3,64	-15,51	-0,2546	-35,05
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	1,621	0,5305	1,324	-2,483	-60,5	0,793	149,5
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	10,32	0,4622	0,5318	0,7772	8,144	0,06963	15,07
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	10,49	0,3427	1,873	7,691	275	1,531	446,7
Taxa de recessão	-0,8292	-1,801	-0,4232	-0,4789	-0,9718	117,2	-0,05563	13,14
Número de reversões	49,79	9,931	0,1806	1,203	-39,86	-80,06	1,022	565,8

IHA Experimento 7	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	10,02	1,489	0,6219	1,419	16,5	-0,8669	-58,23
Novembro	12,98	9,465	0,9738	0,5696	-3,52	-27,11	-0,4041	-41,5
Dezembro	20,3	13,93	0,8632	0,8533	-6,372	-31,39	-0,009898	-1,147
Janeiro	14,57	11,02	0,5064	0,3933	-3,552	-24,38	-0,1131	-22,33
Fevereiro	14,51	13,49	0,8603	0,7464	-1,019	-7,021	-0,1139	-13,24
Março	15,16	12,99	0,8572	0,8047	-2,176	-14,35	-0,05249	-6,124
Abril	13,34	12,05	0,8762	0,6841	-1,286	-9,642	-0,192	-21,92
Mai	6,529	9,627	1,027	0,5349	3,098	47,46	-0,4925	-47,94
Junho	6,355	9,234	0,8585	0,3631	2,88	45,32	-0,4954	-57,71
Julho	5,604	8,379	0,7643	0,1841	2,775	49,52	-0,5802	-75,91
Agosto	4,581	8,176	1,185	0,1555	3,595	78,47	-1,029	-86,87
Setembro	4,39	8,661	1,896	0,3127	4,271	97,28	-1,584	-83,51
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	7,537	0,6822	0,3431	7,31	3223	-0,3391	-49,71
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	7,538	0,6849	0,3426	7,3	3066	-0,3423	-49,98
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	7,552	0,6593	0,3366	7,294	2830	-0,3227	-48,95
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	7,596	0,7931	0,3174	7,046	1282	-0,4757	-59,98
Vazão mínima de 90 dias	2,792	7,929	0,668	0,1939	5,137	184	-0,4741	-70,98
Vazão máxima diária	72,59	44,72	0,5925	0,9518	-27,87	-38,39	0,3593	60,65
Vazão máxima de 3 dias	68,24	40,6	0,582	0,9628	-27,64	-40,5	0,3808	65,42
Vazão máxima de 7 dias	60,4	35,54	0,5689	0,9439	-24,86	-41,15	0,3751	65,93
Vazão máxima de 30 dias	37,31	22,07	0,5032	0,8018	-15,24	-40,85	0,2986	59,34
Vazão máxima de 90 dias	23,4	15,9	0,4596	0,661	-7,509	-32,08	0,2013	43,8
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	276,5	0,1726	0,03198	16,66	9,101	-0,1406	-81,48
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	243,6	0,279	0,2592	69,52	37,99	-0,01983	-7,109
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	0,3448	0,4633	3,49	-4,345	-92,65	3,027	653,2
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	19,83	0,7264	0,4719	-3,64	-15,51	-0,2546	-35,05
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	1,621	0,5305	1,324	-2,483	-60,5	0,793	149,5
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	10,32	0,4622	0,5318	0,7772	8,144	0,06963	15,07
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	10,49	0,3427	1,873	7,691	275	1,531	446,7
Taxa de recessão	-0,8292	-1,801	-0,4232	-0,4789	-0,9718	117,2	-0,05563	13,14
Número de reversões	49,79	9,931	0,1806	1,203	-39,86	-80,06	1,022	565,8

IHA Experimento 8	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	8,601	2,367	1,489	1,616	-6,235	-72,49	0,1268	8,516
Novembro	12,98	1,922	0,9738	0,5159	-11,06	-85,2	-0,4578	-47,02
Dezembro	20,3	4,364	0,8632	1,683	-15,94	-78,5	0,8201	95,01
Janeiro	14,57	2,731	0,5064	0,8569	-11,84	-81,25	0,3505	69,22
Fevereiro	14,51	4,08	0,8603	1,636	-10,43	-71,88	0,7756	90,15
Março	15,16	3,95	0,8572	1,205	-11,21	-73,95	0,3479	40,59
Abril	13,34	4,587	0,8762	1,562	-8,751	-65,61	0,6862	78,32
Mai	6,529	2,978	1,027	1,568	-3,55	-54,38	0,541	52,65
Junho	6,355	2,55	0,8585	0,8279	-3,805	-59,88	-0,03061	-3,566
Julho	5,604	1,972	0,7643	0,3974	-3,632	-64,81	-0,3669	-48
Agosto	4,581	1,829	1,185	0,3375	-2,752	-60,07	-0,8471	-71,51
Setembro	4,39	2,006	1,896	0,8658	-2,384	-54,31	-1,031	-54,34
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,2268	1,385	0,6822	0,7243	1,158	510,7	0,04212	6,174
Vazão mínima de 3 dias	0,2381	1,385	0,6849	0,7235	1,147	481,9	0,03864	5,641
Vazão mínima de 7 dias	0,2577	1,388	0,6593	0,7199	1,13	438,4	0,06067	9,202
Vazão mínima de 30 dias	0,5496	1,429	0,7931	0,6658	0,8793	160	-0,1274	-16,06
Vazão mínima de 90 dias	2,792	1,629	0,668	0,433	-1,163	-41,64	-0,235	-35,18
Vazão máxima diária	72,59	19,04	0,5925	1,444	-53,56	-73,78	0,852	143,8
Vazão máxima de 3 dias	68,24	17,96	0,582	1,434	-50,28	-73,69	0,8515	146,3
Vazão máxima de 7 dias	60,4	16,13	0,5689	1,406	-44,27	-73,3	0,8373	147,2
Vazão máxima de 30 dias	37,31	9,813	0,5032	1,313	-27,49	-73,7	0,8103	161
Vazão máxima de 90 dias	23,4	5,931	0,4596	1,159	-17,47	-74,66	0,6994	152,2
Número de dias com vazão nula	0	0	0	0	-	-	-	-
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	259,9	279,6	0,1726	0,04492	19,72	10,78	-0,1277	-73,98
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	313,1	242,7	0,279	0,2659	70,45	38,5	-0,01314	-4,709
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	4,69	0,5517	0,4633	2,251	-4,138	-88,24	1,787	385,7
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	23,47	93,89	0,7264	0,8168	70,41	300	0,0903	12,43
Número pulsos de máxima em cada ano	4,103	0,5517	0,5305	1,85	-3,552	-86,55	1,32	248,7
Duração média do pulso de máxima anual	9,543	9,741	0,4622	0,5922	0,1973	2,067	0,13	28,13
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	2,796	3,416	0,3427	1,2	0,6195	22,15	0,8569	250,1
Taxa de recessão	-0,8292	-1,19	-0,4232	-1,016	-0,3604	43,47	-0,593	140,1
Número de reversões	49,79	8,345	0,1806	1,097	-41,45	-83,24	0,9159	507,1

REGIME INTERMITENTE PARA BARRAGENS DE PEQUENA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

IHA Experimento 1	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	3,111	1,015	0,6416	0,1685	5,728	-0,3729	-36,76
Novembro	6,543	5,825	0,863	0,8533	-0,7176	-10,97	-0,009779	-1,133
Dezembro	20,29	19,38	2,22	2,298	-0,9124	-4,497	0,07883	3,551
Janeiro	17,2	16,99	2,623	2,653	-0,2107	-1,225	0,03092	1,179
Fevereiro	23,56	23,66	2,566	2,551	0,09897	0,42	-0,01436	-0,5596
Março	11,28	11,02	1,19	1,205	-0,2633	-2,335	0,0148	1,244
Abril	10,93	11,12	1,853	1,808	0,182	1,665	-0,04516	-2,437
Mai	8,377	8,381	1,758	1,752	0,004113	0,0491	-0,005383	-0,3063
Junho	5,642	5,356	0,4627	0,4628	-0,2858	-5,066	0,00002047	0,004425
Julho	5,809	6,079	1,006	0,9385	0,2699	4,645	-0,06706	-6,669
Agosto	5,405	6,079	2,356	2,07	0,6741	12,47	-0,2855	-12,12
Setembro	2,163	2,888	0,7835	0,4229	0,7247	33,5	-0,3606	-46,02
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	1,516	0,9051	0,8964	1,509	21330	-0,008673	-0,9583
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	1,532	1,014	0,8772	1,522	16420	-0,1369	-13,5
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	1,601	1,255	0,7961	1,575	5967	-0,4589	-36,57
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	2,048	0,7741	0,421	1,492	268,5	-0,3531	-45,61
Vazão mínima de 90 dias	2,875	3,362	1,085	0,875	0,4872	16,95	-0,2098	-19,34
Vazão máxima diária	233,5	232,4	1,687	1,697	-1,073	-0,4596	0,009827	0,5825
Vazão máxima de 3 dias	182,9	182,1	1,634	1,642	-0,7376	-0,4033	0,008432	0,5161
Vazão máxima de 7 dias	119,5	117,8	1,559	1,588	-1,699	-1,422	0,02924	1,876
Vazão máxima de 30 dias	54,67	53,56	1,625	1,665	-1,109	-2,028	0,03982	2,45
Vazão máxima de 90 dias	25,42	24,71	1,366	1,403	-0,7078	-2,785	0,03704	2,712
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	282,7	0,1636	0,07441	23,15	12,65	-0,08923	-54,53
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	33,19	0,2398	0,1665	47,48	25,95	-0,07329	-30,56
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	1,926	0,2766	1,366	-22,19	-92,01	1,089	393,7
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	3,948	0,2769	0,8071	0,1205	3,149	0,5303	191,5
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	3,519	1,275	1,341	-0,1481	-4,04	0,06617	5,191
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	2,469	0,7143	0,7149	-0,01042	-0,4201	0,0005644	0,07901
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	13,49	1,278	1,137	7,105	111,3	-0,1413	-11,05
Taxa de recessão	-5,854	-12,93	-1,358	-1,173	-7,074	120,9	0,1852	-13,64
Número de reversões	156,1	58,44	0,09104	0,3476	-97,63	-62,55	0,2565	281,8

IHA Experimento 2	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	3,111	1,015	0,6416	0,1685	5,728	-0,3729	-36,76
Novembro	6,543	5,825	0,863	0,8533	-0,7176	-10,97	-0,009779	-1,133
Dezembro	20,29	19,38	2,22	2,298	-0,9124	-4,497	0,07883	3,551
Janeiro	17,2	16,99	2,623	2,653	-0,2107	-1,225	0,03092	1,179
Fevereiro	23,56	23,66	2,566	2,551	0,09897	0,42	-0,01436	-0,5596
Março	11,28	11,02	1,19	1,205	-0,2633	-2,335	0,0148	1,244
Abril	10,93	11,12	1,853	1,808	0,182	1,665	-0,04516	-2,437
Mai	8,377	8,381	1,758	1,752	0,004113	0,0491	-0,005383	-0,3063
Junho	5,642	5,356	0,4627	0,4628	-0,2858	-5,066	0,00002047	0,004425
Julho	5,809	6,079	1,006	0,9385	0,2699	4,645	-0,06706	-6,669
Agosto	5,405	6,079	2,356	2,07	0,6741	12,47	-0,2855	-12,12
Setembro	2,163	2,888	0,7835	0,4229	0,7247	33,5	-0,3606	-46,02
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	1,516	0,9051	0,8964	1,509	21330	-0,008676	-0,9586
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	1,532	1,014	0,8772	1,522	16420	-0,1369	-13,5
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	1,601	1,255	0,7961	1,575	5967	-0,4589	-36,57
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	2,048	0,7741	0,421	1,492	268,5	-0,3531	-45,61
Vazão mínima de 90 dias	2,875	3,362	1,085	0,875	0,4872	16,95	-0,2098	-19,34
Vazão máxima diária	233,5	232,4	1,687	1,697	-1,073	-0,4596	0,009827	0,5825
Vazão máxima de 3 dias	182,9	182,1	1,634	1,642	-0,7376	-0,4033	0,008432	0,5161
Vazão máxima de 7 dias	119,5	117,8	1,559	1,588	-1,699	-1,422	0,02924	1,876
Vazão máxima de 30 dias	54,67	53,56	1,625	1,665	-1,109	-2,028	0,03982	2,45
Vazão máxima de 90 dias	25,42	24,71	1,366	1,403	-0,7078	-2,785	0,03704	2,712
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	282,7	0,1636	0,07441	23,15	12,65	-0,08923	-54,53
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	33,19	0,2398	0,1665	47,48	25,95	-0,07329	-30,56
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	1,926	0,2766	1,366	-22,19	-92,01	1,089	393,7
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	3,948	0,2769	0,8071	0,1205	3,149	0,5303	191,5
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	3,519	1,275	1,341	-0,1481	-4,04	0,06617	5,191
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	2,469	0,7143	0,7149	-0,01042	-0,4201	0,0005644	0,07901
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	13,49	1,278	1,137	7,105	111,3	-0,1413	-11,05
Taxa de recessão	-5,854	-12,93	-1,358	-1,173	-7,074	120,9	0,1852	-13,64
Número de reversões	156,1	58,44	0,09104	0,3476	-97,63	-62,55	0,2565	281,8

IHA Experimento 3	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	0,7855	1,015	2,211	-2,157	-73,3	1,196	117,9
Novembro	6,543	3,315	0,863	1,386	-3,228	-49,33	0,5228	60,57
Dezembro	20,29	16,71	2,22	2,663	-3,586	-17,67	0,4435	19,98
Janeiro	17,2	14,35	2,623	3,139	-2,853	-16,58	0,5167	19,7
Fevereiro	23,56	21,03	2,566	2,869	-2,53	-10,74	0,303	11,81
Março	11,28	8,351	1,19	1,582	-2,928	-25,96	0,3917	32,91
Abril	10,93	8,454	1,853	2,374	-2,481	-22,68	0,5208	28,1
Mai	8,377	5,76	1,758	2,543	-2,617	-31,24	0,7855	44,69
Junho	5,642	2,634	0,4627	0,9213	-3,008	-53,31	0,4585	99,09
Julho	5,809	3,467	1,006	1,626	-2,343	-40,33	0,6203	61,68
Agosto	5,405	3,538	2,356	3,545	-1,867	-34,54	1,189	50,49
Setembro	2,163	0,4964	0,7835	1,856	-1,667	-77,06	1,072	136,9
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	0,09409	0,9051	0,9104	0,08701	1230	0,005322	0,588
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	0,09437	1,014	0,9043	0,0851	917,9	-0,1098	-10,82
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	0,09709	1,255	0,8491	0,0707	268	-0,4059	-32,34
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	0,119	0,7741	0,5084	-0,4368	-78,58	-0,2657	-34,32
Vazão mínima de 90 dias	2,875	1,036	1,085	2,699	-1,839	-63,97	1,614	148,8
Vazão máxima diária	233,5	229	1,687	1,724	-4,523	-1,937	0,0369	2,187
Vazão máxima de 3 dias	182,9	179,2	1,634	1,67	-3,71	-2,029	0,03637	2,226
Vazão máxima de 7 dias	119,5	114,8	1,559	1,63	-4,676	-3,913	0,07159	4,594
Vazão máxima de 30 dias	54,67	50,71	1,625	1,76	-3,964	-7,251	0,1345	8,277
Vazão máxima de 90 dias	25,42	21,95	1,366	1,579	-3,469	-13,65	0,2137	15,65
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	269,9	0,1636	0,1449	35,89	19,61	-0,01876	-11,46
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	33,56	0,2398	0,1657	47,85	26,15	-0,07415	-30,91
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	11,67	0,2766	0,4837	-12,44	-51,61	0,2071	74,86
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	33,73	0,2769	0,7656	29,9	781,2	0,4888	176,5
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	3,296	1,275	1,415	-0,3704	-10,1	0,1403	11
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	2,47	0,7143	0,7177	-0,009337	-0,3765	0,003415	0,4781
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	12,88	1,278	1,141	6,5	101,8	-0,1369	-10,71
Taxa de recessão	-5,854	-12,35	-1,358	-1,171	-6,492	110,9	0,1874	-13,8
Número de reversões	156,1	58,59	0,09104	0,3373	-97,48	-62,46	0,2463	270,5

IHA Experimento 4	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	1,035	1,015	1,619	-1,907	-64,82	0,6045	59,58
Novembro	6,543	3,186	0,863	1,264	-3,357	-51,31	0,4011	46,47
Dezembro	20,29	16,55	2,22	2,684	-3,74	-18,43	0,4643	20,92
Janeiro	17,2	14,39	2,623	3,127	-2,812	-16,35	0,5044	19,23
Fevereiro	23,56	21,1	2,566	2,857	-2,462	-10,45	0,2914	11,36
Março	11,28	8,382	1,19	1,562	-2,898	-25,69	0,3713	31,19
Abril	10,93	8,568	1,853	2,335	-2,366	-21,64	0,4812	25,96
Mai	8,377	5,919	1,758	2,465	-2,458	-29,35	0,7074	40,24
Junho	5,642	2,65	0,4627	0,8837	-2,992	-53,03	0,421	90,98
Julho	5,809	3,527	1,006	1,571	-2,282	-39,28	0,5658	56,27
Agosto	5,405	3,84	2,356	3,249	-1,565	-28,96	0,8931	37,91
Setembro	2,163	0,7578	0,7835	1,053	-1,406	-64,97	0,2694	34,39
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	0,2066	0,9051	1,495	0,1995	2820	0,59	65,18
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	0,2412	1,014	1,272	0,2319	2501	0,2576	25,41
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	0,2786	1,255	1,099	0,2522	955,9	-0,1564	-12,46
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	0,3946	0,7741	0,6444	-0,1612	-29,01	-0,1297	-16,76
Vazão mínima de 90 dias	2,875	1,325	1,085	2,056	-1,55	-53,92	0,9712	89,53
Vazão máxima diária	233,5	227,7	1,687	1,736	-5,802	-2,485	0,04945	2,931
Vazão máxima de 3 dias	182,9	177,8	1,634	1,687	-5,081	-2,778	0,05317	3,254
Vazão máxima de 7 dias	119,5	113,8	1,559	1,649	-5,691	-4,763	0,09077	5,824
Vazão máxima de 30 dias	54,67	50,21	1,625	1,78	-4,463	-8,164	0,1552	9,549
Vazão máxima de 90 dias	25,42	21,76	1,366	1,593	-3,657	-14,39	0,2277	16,67
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	272,5	0,1636	0,1165	33,33	18,21	-0,04714	-28,81
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	338,3	0,2398	0,272	13,37	7,306	0,03214	13,4
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	4,333	0,2766	1,196	-19,78	-82,03	0,9191	332,2
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	6,952	0,2769	0,6448	3,124	81,63	0,3679	132,9
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	3,222	1,275	1,446	-0,4444	-12,12	0,1716	13,46
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	2,43	0,7143	0,7556	-0,04992	-2,013	0,04126	5,776
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	12,17	1,278	1,22	5,783	90,57	-0,05843	-4,571
Taxa de recessão	-5,854	-11,26	-1,358	-1,236	-5,406	92,36	0,1217	-8,963
Número de reversões	156,1	57,63	0,09104	0,3601	-98,44	-63,08	0,269	295,5

IHA Experimento 5	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	0,7792	1,015	2,22	-2,163	-73,52	1,205	118,8
Novembro	6,543	3,291	0,863	1,388	-3,252	-49,7	0,5249	60,82
Dezembro	20,29	16,67	2,22	2,668	-3,617	-17,82	0,448	20,18
Janeiro	17,2	14,32	2,623	3,145	-2,88	-16,74	0,5226	19,93
Fevereiro	23,56	21,02	2,566	2,871	-2,545	-10,8	0,3051	11,89
Março	11,28	8,34	1,19	1,584	-2,94	-26,07	0,3938	33,08
Abril	10,93	8,455	1,853	2,374	-2,48	-22,68	0,521	28,11
Mai	8,377	5,774	1,758	2,538	-2,603	-31,08	0,7804	44,4
Junho	5,642	2,663	0,4627	0,9131	-2,979	-52,81	0,4503	97,32
Julho	5,809	3,478	1,006	1,622	-2,331	-40,13	0,616	61,26
Agosto	5,405	3,538	2,356	3,545	-1,866	-34,53	1,189	50,47
Setembro	2,163	0,4949	0,7835	1,861	-1,669	-77,12	1,077	137,5
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	0,09322	0,9051	0,9105	0,08614	1218	0,005391	0,5956
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	0,09327	1,014	0,9093	0,084	906	-0,1048	-10,33
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	0,09587	1,255	0,8555	0,06948	263,3	-0,3995	-31,83
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	0,1178	0,7741	0,5095	-0,4381	-78,82	-0,2646	-34,18
Vazão mínima de 90 dias	2,875	1,034	1,085	2,698	-1,841	-64,04	1,613	148,7
Vazão máxima diária	233,5	228,9	1,687	1,725	-4,595	-1,968	0,03753	2,225
Vazão máxima de 3 dias	182,9	179,1	1,634	1,671	-3,744	-2,047	0,03672	2,247
Vazão máxima de 7 dias	119,5	114,8	1,559	1,631	-4,722	-3,952	0,07235	4,642
Vazão máxima de 30 dias	54,67	50,67	1,625	1,761	-3,999	-7,315	0,1358	8,354
Vazão máxima de 90 dias	25,42	21,93	1,366	1,58	-3,487	-13,72	0,2147	15,72
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	283,7	0,1636	0,06167	22,11	12,08	-0,102	-62,31
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	33,56	0,2398	0,1657	47,85	26,15	-0,07415	-30,91
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	11,63	0,2766	0,4824	-12,48	-51,77	0,2058	74,38
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	33,79	0,2769	0,7637	29,96	782,8	0,4869	175,8
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	3,296	1,275	1,415	-0,3704	-10,1	0,1403	11
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	2,47	0,7143	0,7177	-0,009337	-0,3765	0,003415	0,4781
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	13,14	1,278	1,164	6,753	105,8	-0,1146	-8,968
Taxa de recessão	-5,854	-12,19	-1,358	-1,153	-6,332	108,2	0,2056	-15,14
Número de reversões	156,1	57,85	0,09104	0,3324	-98,22	-62,93	0,2413	265,1

IHA Experimento 6	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	3,077	1,015	0,6459	0,1351	4,591	-0,3687	-36,34
Novembro	6,543	5,77	0,863	0,858	-0,7732	-11,82	-0,005059	-0,5862
Dezembro	20,29	19,32	2,22	2,306	-0,9765	-4,812	0,08621	3,884
Janeiro	17,2	16,94	2,623	2,662	-0,2657	-1,545	0,0394	1,502
Fevereiro	23,56	23,62	2,566	2,555	0,06044	0,2565	-0,01018	-0,3966
Março	11,28	10,98	1,19	1,209	-0,3018	-2,675	0,0191	1,604
Abril	10,93	11,09	1,853	1,812	0,1585	1,45	-0,0411	-2,218
Mai	8,377	8,372	1,758	1,755	-0,004894	-0,05842	-0,003053	-0,1737
Junho	5,642	5,358	0,4627	0,4633	-0,2835	-5,025	0,0005554	0,12
Julho	5,809	6,072	1,006	0,9398	0,2625	4,518	-0,06577	-6,541
Agosto	5,405	6,058	2,356	2,077	0,6531	12,08	-0,2785	-11,82
Setembro	2,163	2,867	0,7835	0,4235	0,7031	32,5	-0,36	-45,95
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	1,502	0,9051	0,8963	1,495	21140	-0,008803	-0,9726
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	1,518	1,014	0,8768	1,508	16270	-0,1372	-13,53
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	1,582	1,255	0,8001	1,555	5895	-0,4549	-36,24
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	2,022	0,7741	0,4228	1,467	263,8	-0,3514	-45,39
Vazão mínima de 90 dias	2,875	3,336	1,085	0,8795	0,4618	16,07	-0,2053	-18,93
Vazão máxima diária	233,5	232,4	1,687	1,697	-1,107	-0,4741	0,01005	0,5959
Vazão máxima de 3 dias	182,9	182,1	1,634	1,643	-0,802	-0,4385	0,00907	0,5551
Vazão máxima de 7 dias	119,5	117,7	1,559	1,589	-1,776	-1,487	0,03041	1,951
Vazão máxima de 30 dias	54,67	53,51	1,625	1,667	-1,167	-2,135	0,04167	2,564
Vazão máxima de 90 dias	25,42	24,67	1,366	1,405	-0,75	-2,951	0,03922	2,872
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	283,3	0,1636	0,06874	22,56	12,33	-0,0949	-57,99
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	33,19	0,2398	0,1665	47,48	25,95	-0,07329	-30,56
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	1,926	0,2766	1,381	-22,19	-92,01	1,104	399,1
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	4,45	0,2769	0,9381	0,6229	16,28	0,6613	238,8
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	3,519	1,275	1,341	-0,1481	-4,04	0,06617	5,191
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	2,469	0,7143	0,7149	-0,01042	-0,4201	0,0005644	0,07901
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	13,58	1,278	1,146	7,191	112,6	-0,1321	-10,33
Taxa de recessão	-5,854	-12,8	-1,358	-1,154	-6,946	118,7	0,2046	-15,06
Número de reversões	156,1	57,56	0,09104	0,3521	-98,52	-63,12	0,2611	286,8

IHA Experimento 7	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	3,077	1,015	0,6459	0,1351	4,591	-0,3687	-36,34
Novembro	6,543	5,77	0,863	0,858	-0,7732	-11,82	-0,005059	-0,5862
Dezembro	20,29	19,32	2,22	2,306	-0,9765	-4,812	0,08621	3,884
Janeiro	17,2	16,94	2,623	2,662	-0,2657	-1,545	0,0394	1,502
Fevereiro	23,56	23,62	2,566	2,555	0,06044	0,2565	-0,01018	-0,3966
Março	11,28	10,98	1,19	1,209	-0,3018	-2,675	0,0191	1,604
Abril	10,93	11,09	1,853	1,812	0,1585	1,45	-0,0411	-2,218
Mai	8,377	8,372	1,758	1,755	-0,004894	-0,05842	-0,003053	-0,1737
Junho	5,642	5,358	0,4627	0,4633	-0,2835	-5,025	0,0005554	0,12
Julho	5,809	6,072	1,006	0,9398	0,2625	4,518	-0,06577	-6,541
Agosto	5,405	6,058	2,356	2,077	0,6531	12,08	-0,2785	-11,82
Setembro	2,163	2,867	0,7835	0,4235	0,7031	32,5	-0,36	-45,95
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	1,502	0,9051	0,8963	1,495	21140	-0,008804	-0,9727
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	1,518	1,014	0,8768	1,508	16270	-0,1372	-13,53
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	1,582	1,255	0,8001	1,555	5895	-0,4549	-36,24
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	2,022	0,7741	0,4228	1,467	263,8	-0,3514	-45,39
Vazão mínima de 90 dias	2,875	3,336	1,085	0,8795	0,4618	16,07	-0,2053	-18,93
Vazão máxima diária	233,5	232,4	1,687	1,697	-1,107	-0,4741	0,01005	0,5959
Vazão máxima de 3 dias	182,9	182,1	1,634	1,643	-0,802	-0,4385	0,00907	0,5551
Vazão máxima de 7 dias	119,5	117,7	1,559	1,589	-1,776	-1,487	0,03041	1,951
Vazão máxima de 30 dias	54,67	53,51	1,625	1,667	-1,167	-2,135	0,04167	2,564
Vazão máxima de 90 dias	25,42	24,67	1,366	1,405	-0,75	-2,951	0,03922	2,872
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	283,3	0,1636	0,06874	22,56	12,33	-0,0949	-57,99
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	33,19	0,2398	0,1665	47,48	25,95	-0,07329	-30,56
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	1,926	0,2766	1,381	-22,19	-92,01	1,104	399,1
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	4,45	0,2769	0,9381	0,6229	16,28	0,6613	238,8
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	3,519	1,275	1,341	-0,1481	-4,04	0,06617	5,191
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	2,469	0,7143	0,7149	-0,01042	-0,4201	0,0005644	0,07901
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	13,58	1,278	1,146	7,194	112,7	-0,1325	-10,36
Taxa de recessão	-5,854	-12,8	-1,358	-1,154	-6,946	118,7	0,2046	-15,06
Número de reversões	156,1	57,56	0,09104	0,3521	-98,52	-63,12	0,2611	286,8

IHA Experimento 8	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	1,042	1,015	1,615	-1,9	-64,59	0,6005	59,18
Novembro	6,543	3,216	0,863	1,261	-3,327	-50,85	0,3979	46,1
Dezembro	20,29	16,58	2,22	2,679	-3,709	-18,28	0,4597	20,71
Janeiro	17,2	14,42	2,623	3,121	-2,786	-16,19	0,4988	19,02
Fevereiro	23,56	21,12	2,566	2,855	-2,444	-10,37	0,289	11,26
Março	11,28	8,394	1,19	1,559	-2,886	-25,58	0,369	31
Abril	10,93	8,568	1,853	2,334	-2,366	-21,64	0,4808	25,94
Mai	8,377	5,909	1,758	2,468	-2,468	-29,46	0,7103	40,41
Junho	5,642	2,63	0,4627	0,8857	-3,012	-53,38	0,423	91,4
Julho	5,809	3,515	1,006	1,575	-2,295	-39,5	0,5693	56,61
Agosto	5,405	3,838	2,356	3,25	-1,566	-28,98	0,894	37,95
Setembro	2,163	0,7608	0,7835	1,049	-1,403	-64,83	0,2658	33,92
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	0,2097	0,9051	1,485	0,2026	2864	0,5804	64,12
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	0,2437	1,014	1,265	0,2344	2528	0,2511	24,76
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	0,2865	1,255	1,077	0,2601	985,8	-0,1776	-14,15
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	0,3992	0,7741	0,6472	-0,1566	-28,18	-0,1269	-16,39
Vazão mínima de 90 dias	2,875	1,328	1,085	2,055	-1,546	-53,79	0,9706	89,47
Vazão máxima diária	233,5	227,7	1,687	1,736	-5,787	-2,478	0,04934	2,925
Vazão máxima de 3 dias	182,9	177,9	1,634	1,686	-5,027	-2,749	0,05257	3,217
Vazão máxima de 7 dias	119,5	113,9	1,559	1,648	-5,64	-4,72	0,0899	5,768
Vazão máxima de 30 dias	54,67	50,24	1,625	1,779	-4,431	-8,104	0,154	9,476
Vazão máxima de 90 dias	25,42	21,78	1,366	1,592	-3,639	-14,32	0,2266	16,59
Número de dias com vazão nula	1,296	0,03704	4,897	5,196	-1,259	-97,14	0,2993	6,113
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	277,1	0,1636	0,1242	28,67	15,66	-0,03939	-24,07
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	338,3	0,2398	0,272	13,41	7,326	0,03213	13,4
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	4,296	0,2766	1,211	-19,81	-82,18	0,9342	337,7
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	7,021	0,2769	0,6284	3,193	83,44	0,3515	127
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	3,222	1,275	1,446	-0,4444	-12,12	0,1716	13,46
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	2,473	0,7143	0,7327	-0,006439	-0,2596	0,01839	2,575
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	11,94	1,278	1,186	5,559	87,07	-0,09244	-7,231
Taxa de recessão	-5,854	-11,3	-1,358	-1,248	-5,449	93,09	0,1101	-8,109
Número de reversões	156,1	58,52	0,09104	0,3546	-97,56	-62,51	0,2635	289,4

REGIME INTERMITENTE PARA BARRAGENS DE GRANDE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

IHA Experimento 1	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	5,522	1,015	0,06453	2,58	87,69	-0,9501	-93,64
Novembro	6,543	5,631	0,863	0,1987	-0,9116	-13,93	-0,6643	-76,97
Dezembro	20,29	13,07	2,22	2,082	-7,224	-35,6	-0,1377	-6,204
Janeiro	17,2	15,58	2,623	2,871	-1,621	-9,42	0,248	9,457
Fevereiro	23,56	22,48	2,566	2,676	-1,086	-4,608	0,1099	4,284
Março	11,28	9,776	1,19	1,093	-1,504	-13,34	-0,09709	-8,157
Abril	10,93	10,68	1,853	1,85	-0,2528	-2,312	-0,003331	-0,1797
Mai	8,377	8,834	1,758	1,601	0,4569	5,454	-0,1567	-8,914
Junho	5,642	5,86	0,4627	0,1994	0,218	3,863	-0,2634	-56,91
Julho	5,809	6,685	1,006	0,7471	0,8754	15,07	-0,2585	-25,7
Agosto	5,405	8,092	2,356	1,48	2,687	49,72	-0,8758	-37,18
Setembro	2,163	5,52	0,7835	0,06232	3,356	155,1	-0,7212	-92,05
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	5,253	0,9051	0,1989	5,246	74150	-0,7062	-78,02
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	5,267	1,014	0,1843	5,258	56710	-0,8298	-81,83
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	5,341	1,255	0,1097	5,315	20140	-1,145	-91,26
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	5,42	0,7741	0,03231	4,864	875,1	-0,7418	-95,83
Vazão mínima de 90 dias	2,875	5,874	1,085	0,3715	2,999	104,3	-0,7133	-65,75
Vazão máxima diária	233,5	190,2	1,687	2,152	-43,28	-18,53	0,4646	27,54
Vazão máxima de 3 dias	182,9	145,4	1,634	2,135	-37,52	-20,52	0,5008	30,65
Vazão máxima de 7 dias	119,5	89,34	1,559	2,059	-30,15	-25,24	0,5	32,08
Vazão máxima de 30 dias	54,67	41,12	1,625	2,077	-13,55	-24,78	0,4517	27,79
Vazão máxima de 90 dias	25,42	19,3	1,366	1,719	-6,118	-24,07	0,353	25,85
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	276,3	0,1636	0,01893	29,48	16,11	-0,1447	-88,43
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	203	0,2398	0,3202	148,7	81,24	0,0804	33,52
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	0,03704	0,2766	5,196	-24,07	-99,85	4,92	1778
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	2	0,2769		-1,827	-47,75		
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	1,852	1,275	2,319	-1,815	-49,49	1,044	81,9
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	3,534	0,7143	0,8345	1,054	42,51	0,1202	16,83
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	35,77	1,278	0,948	29,39	460,3	-0,3304	-25,85
Taxa de recessão	-5,854	-36,75	-1,358	-0,9879	-30,89	527,7	0,3703	-27,26
Número de reversões	156,1	11,93	0,09104	1,713	-144,1	-92,36	1,622	1781

IHA Experimento 2	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	5,522	1,015	0,06453	2,58	87,69	-0,9501	-93,64
Novembro	6,543	5,631	0,863	0,1987	-0,9116	-13,93	-0,6643	-76,97
Dezembro	20,29	13,07	2,22	2,082	-7,224	-35,6	-0,1377	-6,204
Janeiro	17,2	15,58	2,623	2,871	-1,621	-9,42	0,248	9,457
Fevereiro	23,56	22,48	2,566	2,676	-1,086	-4,608	0,1099	4,284
Março	11,28	9,776	1,19	1,093	-1,504	-13,34	-0,09709	-8,157
Abril	10,93	10,68	1,853	1,85	-0,2528	-2,312	-0,003331	-0,1797
Mai	8,377	8,834	1,758	1,601	0,4569	5,454	-0,1567	-8,914
Junho	5,642	5,86	0,4627	0,1994	0,218	3,863	-0,2634	-56,91
Julho	5,809	6,685	1,006	0,7471	0,8754	15,07	-0,2585	-25,7
Agosto	5,405	8,092	2,356	1,48	2,687	49,72	-0,8758	-37,18
Setembro	2,163	5,52	0,7835	0,06232	3,356	155,1	-0,7212	-92,05
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	5,253	0,9051	0,1989	5,246	74150	-0,7062	-78,02
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	5,267	1,014	0,1843	5,258	56710	-0,8298	-81,83
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	5,341	1,255	0,1097	5,315	20140	-1,145	-91,26
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	5,42	0,7741	0,03231	4,864	875,1	-0,7418	-95,83
Vazão mínima de 90 dias	2,875	5,874	1,085	0,3715	2,999	104,3	-0,7133	-65,75
Vazão máxima diária	233,5	190,2	1,687	2,152	-43,28	-18,53	0,4646	27,54
Vazão máxima de 3 dias	182,9	145,4	1,634	2,135	-37,52	-20,52	0,5008	30,65
Vazão máxima de 7 dias	119,5	89,34	1,559	2,059	-30,15	-25,24	0,5	32,08
Vazão máxima de 30 dias	54,67	41,12	1,625	2,077	-13,55	-24,78	0,4517	27,79
Vazão máxima de 90 dias	25,42	19,3	1,366	1,719	-6,118	-24,07	0,353	25,85
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	276,3	0,1636	0,01893	29,48	16,11	-0,1447	-88,43
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	203	0,2398	0,3202	148,7	81,24	0,0804	33,52
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	0,03704	0,2766	5,196	-24,07	-99,85	4,92	1778
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	2	0,2769		-1,827	-47,75		
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	1,852	1,275	2,319	-1,815	-49,49	1,044	81,9
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	3,534	0,7143	0,8345	1,054	42,51	0,1202	16,83
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	35,77	1,278	0,948	29,39	460,3	-0,3304	-25,85
Taxa de recessão	-5,854	-36,75	-1,358	-0,9879	-30,89	527,7	0,3703	-27,26
Número de reversões	156,1	11,93	0,09104	1,713	-144,1	-92,36	1,622	1781

IHA Experimento 3	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	0,3685	1,015	0,6863	-2,574	-87,48	-0,3283	-32,36
Novembro	6,543	0,5312	0,863	1,901	-6,012	-91,88	1,038	120,3
Dezembro	20,29	7,47	2,22	3,612	-12,82	-63,19	1,393	62,74
Janeiro	17,2	9,964	2,623	4,491	-7,239	-42,08	1,868	71,23
Fevereiro	23,56	16,86	2,566	3,569	-6,706	-28,46	1,003	39,11
Março	11,28	4,145	1,19	2,429	-7,135	-63,25	1,238	104
Abril	10,93	5,284	1,853	3,73	-5,651	-51,68	1,877	101,3
Mai	8,377	3,654	1,758	3,853	-4,723	-56,38	2,095	119,2
Junho	5,642	0,698	0,4627	1,505	-4,944	-87,63	1,042	225,1
Julho	5,809	1,481	1,006	3,331	-4,328	-74,5	2,326	231,3
Agosto	5,405	2,61	2,356	4,535	-2,795	-51,71	2,179	92,48
Setembro	2,163	0,3414	0,7835	0,1995	-1,822	-84,22	-0,584	-74,54
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	0,303	0,9051	0,3597	0,296	4184	-0,5454	-60,26
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	0,3032	1,014	0,3582	0,2939	3170	-0,6558	-64,67
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	0,3033	1,255	0,3567	0,2769	1050	-0,8983	-71,58
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	0,3124	0,7741	0,2642	-0,2434	-43,79	-0,5099	-65,87
Vazão mínima de 90 dias	2,875	0,7364	1,085	2,878	-2,138	-74,38	1,793	165,3
Vazão máxima diária	233,5	175,8	1,687	2,338	-57,67	-24,7	0,6505	38,56
Vazão máxima de 3 dias	182,9	132,1	1,634	2,362	-50,79	-27,77	0,7282	44,57
Vazão máxima de 7 dias	119,5	79,66	1,559	2,319	-39,83	-33,34	0,7605	48,8
Vazão máxima de 30 dias	54,67	34,6	1,625	2,474	-20,07	-36,71	0,8488	52,23
Vazão máxima de 90 dias	25,42	13,41	1,366	2,467	-12	-47,22	1,101	80,65
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	273,7	0,1636	0,03027	32,15	17,57	-0,1334	-81,5
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	222,9	0,2398	0,2923	128,8	70,37	0,0525	21,89
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	0,3704	0,2766	3,009	-23,74	-98,46	2,733	987,8
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	12,33	0,2769	0,6298	8,506	222,2	0,3529	127,5
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	1,704	1,275	2,5	-1,963	-53,54	1,225	96,11
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	3,508	0,7143	0,8041	1,028	41,46	0,0898	12,57
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	28,66	1,278	1,204	22,27	348,9	-0,0739	-5,781
Taxa de recessão	-5,854	-30,69	-1,358	-1,174	-24,83	424,3	0,1841	-13,56
Número de reversões	156,1	11,89	0,09104	1,689	-144,2	-92,38	1,598	1756

IHA Experimento 4	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	1,092	1,015	0,3983	-1,85	-62,89	-0,6163	-60,74
Novembro	6,543	1,204	0,863	0,4869	-5,339	-81,6	-0,3762	-43,59
Dezembro	20,29	7,669	2,22	3,473	-12,62	-62,21	1,254	56,48
Janeiro	17,2	10,5	2,623	4,24	-6,702	-38,96	1,617	61,66
Fevereiro	23,56	16,92	2,566	3,429	-6,642	-28,19	0,8629	33,63
Março	11,28	2,288	1,19	2,01	-8,992	-79,71	0,8201	68,9
Abril	10,93	5,845	1,853	3,322	-5,09	-46,55	1,469	79,26
Mai	8,377	4,457	1,758	3,129	-3,92	-46,79	1,371	78,02
Junho	5,642	1,425	0,4627	0,4148	-4,217	-74,74	-0,04794	-10,36
Julho	5,809	2,149	1,006	2,219	-3,66	-63,01	1,214	120,7
Agosto	5,405	3,415	2,356	3,408	-1,99	-36,82	1,052	44,66
Setembro	2,163	1,132	0,7835	0,3211	-1,031	-47,66	-0,4624	-59,01
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	0,7299	0,9051	0,9057	0,7228	10220	0,0006514	0,07197
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	0,7315	1,014	0,9013	0,7223	7790	-0,1128	-11,12
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	0,7322	1,255	0,8994	0,7058	2675	-0,3556	-28,33
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	0,8389	0,7741	0,6846	0,2831	50,93	-0,08949	-11,56
Vazão mínima de 90 dias	2,875	1,382	1,085	1,397	-1,492	-51,91	0,312	28,76
Vazão máxima diária	233,5	160,3	1,687	2,578	-73,17	-31,34	0,8906	52,79
Vazão máxima de 3 dias	182,9	121	1,634	2,595	-61,9	-33,85	0,961	58,81
Vazão máxima de 7 dias	119,5	71,76	1,559	2,582	-47,73	-39,95	1,023	65,65
Vazão máxima de 30 dias	54,67	31,62	1,625	2,674	-23,05	-42,16	1,049	64,55
Vazão máxima de 90 dias	25,42	12,65	1,366	2,574	-12,77	-50,24	1,208	88,49
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	263	0,1636	0,1753	42,78	23,38	0,01165	7,117
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	235,6	0,2398	0,2771	116,1	63,47	0,03721	15,51
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	3,333	0,2766	2,038	-20,78	-86,18	1,761	636,8
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	11,78	0,2769	0,837	7,95	207,7	0,5601	202,3
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	1,259	1,275	3,241	-2,407	-65,66	1,967	154,3
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	3,825	0,7143	0,9088	1,345	54,24	0,1945	27,23
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	22,61	1,278	1,83	16,22	254	0,5513	43,12
Taxa de recessão	-5,854	-21,14	-1,358	-1,862	-15,29	261,2	-0,5042	37,12
Número de reversões	156,1	27,04	0,09104	1,39	-129	-82,68	1,299	1427

IHA Experimento 5	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	0,3317	1,015	0,456	-2,61	-88,73	-0,5586	-55,06
Novembro	6,543	0,4926	0,863	1,789	-6,05	-92,47	0,9256	107,3
Dezembro	20,29	7,37	2,22	3,646	-12,92	-63,68	1,426	64,26
Janeiro	17,2	9,733	2,623	4,59	-7,47	-43,42	1,968	75,03
Fevereiro	23,56	16,81	2,566	3,575	-6,755	-28,66	1,009	39,34
Março	11,28	3,211	1,19	2,379	-8,069	-71,54	1,189	99,9
Abril	10,93	5,242	1,853	3,762	-5,692	-52,06	1,909	103
Mai	8,377	3,659	1,758	3,861	-4,718	-56,32	2,103	119,7
Junho	5,642	0,7179	0,4627	1,594	-4,924	-87,28	1,131	244,5
Julho	5,809	1,394	1,006	3,516	-4,415	-76,01	2,511	249,7
Agosto	5,405	2,595	2,356	4,557	-2,809	-51,98	2,201	93,44
Setembro	2,163	0,3189	0,7835	0,1414	-1,845	-85,26	-0,6421	-81,95
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	0,2792	0,9051	0,4236	0,2721	3846	-0,4815	-53,2
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	0,2794	1,014	0,4214	0,2701	2913	-0,5926	-58,44
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	0,2828	1,255	0,3903	0,2564	971,8	-0,8646	-68,9
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	0,2935	0,7741	0,3126	-0,2624	-47,2	-0,4615	-59,62
Vazão mínima de 90 dias	2,875	0,7017	1,085	2,885	-2,173	-75,59	1,8	166
Vazão máxima diária	233,5	172,4	1,687	2,386	-61,11	-26,17	0,6993	41,45
Vazão máxima de 3 dias	182,9	130,3	1,634	2,397	-52,61	-28,77	0,7632	46,71
Vazão máxima de 7 dias	119,5	77,29	1,559	2,389	-42,2	-35,32	0,8307	53,3
Vazão máxima de 30 dias	54,67	33,55	1,625	2,547	-21,12	-38,63	0,922	56,73
Vazão máxima de 90 dias	25,42	12,96	1,366	2,544	-12,46	-49,02	1,178	86,26
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	266,7	0,1636	0,1144	39,07	21,35	-0,04923	-30,09
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	232,9	0,2398	0,2735	118,8	64,93	0,03369	14,05
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	0,4444	0,2766	2,598	-23,67	-98,16	2,321	839,2
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	11,69	0,2769	0,8415	7,86	205,4	0,5646	203,9
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	1,667	1,275	2,524	-2	-54,55	1,249	97,98
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	3,365	0,7143	0,8563	0,8853	35,7	0,142	19,88
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	31,83	1,278	1,207	25,44	398,5	-0,07156	-5,597
Taxa de recessão	-5,854	-31,32	-1,358	-1,286	-25,47	435,1	0,07213	-5,311
Número de reversões	156,1	12,22	0,09104	1,672	-143,9	-92,17	1,581	1737

IHA Experimento 6	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	5,171	1,015	0,127	2,229	75,75	-0,8876	-87,48
Novembro	6,543	5,372	0,863	0,1894	-1,171	-17,9	-0,6736	-78,06
Dezembro	20,29	12,56	2,22	2,151	-7,728	-38,09	-0,06805	-3,066
Janeiro	17,2	14,88	2,623	3,003	-2,318	-13,48	0,3805	14,51
Fevereiro	23,56	21,8	2,566	2,76	-1,762	-7,475	0,194	7,561
Março	11,28	9,248	1,19	1,141	-2,032	-18,02	-0,049	-4,117
Abril	10,93	10,28	1,853	1,923	-0,6501	-5,945	0,06977	3,765
Mai	8,377	8,656	1,758	1,639	0,2786	3,326	-0,1186	-6,745
Junho	5,642	5,696	0,4627	0,2185	0,05398	0,9567	-0,2442	-52,78
Julho	5,809	6,492	1,006	0,7742	0,6831	11,76	-0,2314	-23,01
Agosto	5,405	7,873	2,356	1,52	2,468	45,67	-0,8363	-35,5
Setembro	2,163	5,3	0,7835	0,05818	3,137	145	-0,7253	-92,57
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	5,047	0,9051	0,1991	5,04	71250	-0,706	-78
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	5,048	1,014	0,1982	5,039	54350	-0,8159	-80,46
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	5,049	1,255	0,1978	5,022	19030	-1,057	-84,24
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	5,078	0,7741	0,1662	4,522	813,6	-0,608	-78,54
Vazão mínima de 90 dias	2,875	5,642	1,085	0,3694	2,767	96,26	-0,7155	-65,95
Vazão máxima diária	233,5	186,4	1,687	2,203	-47,14	-20,19	0,516	30,58
Vazão máxima de 3 dias	182,9	139,9	1,634	2,225	-43,03	-23,53	0,5915	36,2
Vazão máxima de 7 dias	119,5	86,47	1,559	2,132	-33,02	-27,63	0,5732	36,78
Vazão máxima de 30 dias	54,67	40,29	1,625	2,12	-14,39	-26,32	0,4951	30,47
Vazão máxima de 90 dias	25,42	18,66	1,366	1,771	-6,753	-26,57	0,4053	29,68
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	276,4	0,1636	0,01946	29,44	16,09	-0,1442	-88,11
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	222,7	0,2398	0,2847	129	70,49	0,04486	18,7
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	0,1111	0,2766	5,196	-24	-99,54	4,92	1778
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	7,333	0,2769		3,506	91,6		
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	1,741	1,275	2,44	-1,926	-52,53	1,166	91,44
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	3,717	0,7143	0,8127	1,237	49,9	0,09839	13,77
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	33,87	1,278	0,998	27,49	430,5	-0,2804	-21,94
Taxa de recessão	-5,854	-36,04	-1,358	-1,072	-30,19	515,7	0,2861	-21,07
Número de reversões	156,1	11,52	0,09104	1,749	-144,6	-92,62	1,658	1821

IHA Experimento 7	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	5,171	1,015	0,127	2,229	75,75	-0,8876	-87,48
Novembro	6,543	5,372	0,863	0,1894	-1,171	-17,9	-0,6736	-78,06
Dezembro	20,29	12,56	2,22	2,151	-7,728	-38,09	-0,06805	-3,066
Janeiro	17,2	14,88	2,623	3,003	-2,318	-13,48	0,3805	14,51
Fevereiro	23,56	21,8	2,566	2,76	-1,762	-7,475	0,194	7,561
Março	11,28	9,248	1,19	1,141	-2,032	-18,02	-0,049	-4,117
Abril	10,93	10,28	1,853	1,923	-0,6501	-5,945	0,06977	3,765
Mai	8,377	8,656	1,758	1,639	0,2786	3,326	-0,1186	-6,745
Junho	5,642	5,696	0,4627	0,2185	0,05398	0,9567	-0,2442	-52,78
Julho	5,809	6,492	1,006	0,7742	0,6831	11,76	-0,2314	-23,01
Agosto	5,405	7,873	2,356	1,52	2,468	45,67	-0,8363	-35,5
Setembro	2,163	5,3	0,7835	0,05818	3,137	145	-0,7253	-92,57
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	5,047	0,9051	0,1991	5,04	71250	-0,706	-78
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	5,048	1,014	0,1982	5,039	54350	-0,8159	-80,46
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	5,049	1,255	0,1978	5,022	19030	-1,057	-84,24
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	5,078	0,7741	0,1662	4,522	813,6	-0,608	-78,54
Vazão mínima de 90 dias	2,875	5,642	1,085	0,3694	2,767	96,26	-0,7155	-65,95
Vazão máxima diária	233,5	186,4	1,687	2,203	-47,14	-20,19	0,516	30,58
Vazão máxima de 3 dias	182,9	139,9	1,634	2,225	-43,03	-23,53	0,5915	36,2
Vazão máxima de 7 dias	119,5	86,47	1,559	2,132	-33,02	-27,63	0,5732	36,78
Vazão máxima de 30 dias	54,67	40,29	1,625	2,12	-14,39	-26,32	0,4951	30,47
Vazão máxima de 90 dias	25,42	18,66	1,366	1,771	-6,753	-26,57	0,4053	29,68
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	276,4	0,1636	0,01946	29,44	16,09	-0,1442	-88,11
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	222,7	0,2398	0,2847	129	70,49	0,04486	18,7
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	0,1111	0,2766	5,196	-24	-99,54	4,92	1778
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	7,333	0,2769		3,506	91,6		
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	1,741	1,275	2,44	-1,926	-52,53	1,166	91,44
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	3,717	0,7143	0,8127	1,237	49,9	0,09839	13,77
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	33,87	1,278	0,998	27,49	430,5	-0,2804	-21,94
Taxa de recessão	-5,854	-36,04	-1,358	-1,072	-30,19	515,7	0,2861	-21,07
Número de reversões	156,1	11,52	0,09104	1,749	-144,6	-92,62	1,658	1821

IHA Experimento 8	Média		Coeficiente de Variação		Fator de desvio		Dev. do C.V.	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Magnitude	%	Magnitude	%
Parâmetros do Grupo 1								
Outubro	2,942	1,164	1,015	0,362	-1,778	-60,43	-0,6526	-64,32
Novembro	6,543	1,3	0,863	0,5906	-5,243	-80,14	-0,2725	-31,57
Dezembro	20,29	7,776	2,22	3,438	-12,52	-61,68	1,218	54,89
Janeiro	17,2	10,59	2,623	4,214	-6,617	-38,46	1,592	60,69
Fevereiro	23,56	17,15	2,566	3,404	-6,412	-27,21	0,8383	32,68
Março	11,28	2,387	1,19	1,942	-8,893	-78,84	0,7522	63,19
Abril	10,93	5,987	1,853	3,245	-4,948	-45,25	1,392	75,11
Mai	8,377	4,485	1,758	3,097	-3,892	-46,46	1,34	76,21
Junho	5,642	1,442	0,4627	0,3537	-4,2	-74,44	-0,109	-23,56
Julho	5,809	2,193	1,006	2,163	-3,616	-62,25	1,158	115,2
Agosto	5,405	3,454	2,356	3,369	-1,951	-36,09	1,014	43,03
Setembro	2,163	1,179	0,7835	0,3159	-0,9841	-45,49	-0,4676	-59,68
Parâmetros do Grupo 2								
Vazão mínima diária	0,007074	0,7587	0,9051	0,9082	0,7516	10620	0,003116	0,3442
Vazão mínima de 3 dias	0,009272	0,7604	1,014	0,9035	0,7512	8102	-0,1106	-10,9
Vazão mínima de 7 dias	0,02639	0,7617	1,255	0,9	0,7353	2787	-0,355	-28,28
Vazão mínima de 30 dias	0,5559	0,8798	0,7741	0,6655	0,3239	58,27	-0,1087	-14,04
Vazão mínima de 90 dias	2,875	1,443	1,085	1,4	-1,432	-49,8	0,3152	29,06
Vazão máxima diária	233,5	161	1,687	2,567	-72,52	-31,06	0,88	52,16
Vazão máxima de 3 dias	182,9	121,7	1,634	2,578	-61,16	-33,44	0,9444	57,8
Vazão máxima de 7 dias	119,5	71,91	1,559	2,579	-47,58	-39,82	1,02	65,45
Vazão máxima de 30 dias	54,67	31,98	1,625	2,652	-22,69	-41,51	1,027	63,18
Vazão máxima de 90 dias	25,42	12,82	1,366	2,548	-12,6	-49,56	1,182	86,55
Número de dias com vazão nula	1,296	0	4,897	0	-1,296	-100	-4,897	-100
Parâmetros do Grupo 3								
Dia Juliano de cada mínima de 1 dia anual	305,8	247,7	0,1636	0,2308	58,07	31,73	0,06713	41,02
Dia Juliano de cada máxima de 1 dia anual	351,7	234,9	0,2398	0,2796	116,9	63,85	0,03979	16,59
Parâmetros do Grupo 4								
Número de pulsos de mínima em cada ano	24,11	3,593	0,2766	2,041	-20,52	-85,1	1,765	638
Duração média do pulso de mínima anual (dias)	3,827	8,801	0,2769	0,4218	4,973	129,9	0,1449	52,34
Número pulsos de máxima em cada ano	3,667	1,296	1,275	3,009	-2,37	-64,65	1,734	136,1
Duração média do pulso de máxima anual	2,48	3,248	0,7143	0,9688	0,7681	30,98	0,2545	35,63
Parâmetros do Grupo 5								
Taxa de ascensão	6,385	21,73	1,278	1,899	15,34	240,3	0,6204	48,53
Taxa de recessão	-5,854	-21,41	-1,358	-1,787	-15,55	265,7	-0,4283	31,53
Número de reversões	156,1	27,22	0,09104	1,375	-128,9	-82,56	1,284	1411

APÊNDICE E: RESULTADO DO DHRAM

REGIME PERENE PARA BARRAGENS DE PEQUENA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

Experimento 1						Experimento 2						Experimento 3								
IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto				IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto				IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto			
	Média	CV	Média	CV				Média	CV	Média	CV				Média	CV	Média	CV		
1	4,80%	7,63%	0	0			1	4,80%	7,63%	0	0			1	30,61%	41,45%	1	1		
2	234,03%	10,53%	3	0			2	234,03%	10,53%	3	0			2	37,60%	28,13%	0	0		
3	0,55%	5,87%	0	0			3	0,55%	5,87%	0	0			3	1,45%	3,41%	0	0		
4	25,26%	54,95%	0	1			4	25,26%	54,95%	0	1			4	33,87%	14,07%	0	0		
5	38,97%	46,23%	0	0			5	38,97%	46,23%	0	0			5	36,85%	44,19%	0	0		
Total de Pontos				4		Total de Pontos				4		Total de Pontos				2				
Classificação preliminar				2		Classificação preliminar				2		Classificação preliminar				2				
Vazão nula				0		Vazão nula				0		Vazão nula				0				
Variação sub-diária				0		Variação sub-diária				0		Variação sub-diária				0				
Classificação Final				2		Classificação Final				2		Classificação Final				2				
Experimento 4						Experimento 5						Experimento 6								
IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto				IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto				IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto			
	Média	CV	Média	CV				Média	CV	Média	CV				Média	CV	Média	CV		
1	28,83%	34,61%	1	1			1	30,65%	41,47%	1	1			1	4,78%	7,66%	0	0		
2	24,23%	40,72%	0	0			2	37,88%	28,68%	0	0			2	232,14%	10,63%	3	0		
3	2,70%	1,67%	0	0			3	1,45%	3,41%	0	0			3	0,55%	5,84%	0	0		
4	39,43%	10,32%	1	0			4	33,89%	14,05%	0	0			4	25,15%	55,13%	0	1		
5	34,34%	39,66%	0	0			5	36,63%	44,23%	0	0			5	38,57%	46,09%	0	0		
Total de Pontos				3		Total de Pontos				2		Total de Pontos				4				
Classificação preliminar				2		Classificação preliminar				2		Classificação preliminar				2				
Vazão nula				0		Vazão nula				0		Vazão nula				0				
Variação sub-diária				0		Variação sub-diária				0		Variação sub-diária				0				
Classificação Final				2		Classificação Final				2		Classificação Final				2				

Experimento 7					Experimento 8				
IHA	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA	Média das mudanças		Pontos de impacto	
Grupo	Média	CV	Média	CV	Grupo	Média	CV	Média	CV
1	4,78%	7,66%	0	0	1	28,80%	34,59%	1	1
2	232,14%	10,63%	3	0	2	23,71%	39,57%	0	0
3	0,55%	5,84%	0	0	3	2,70%	1,67%	0	0
4	25,15%	55,13%	0	1	4	39,42%	10,33%	1	0
5	38,64%	45,72%	0	0	5	34,55%	39,80%	0	0
Total de Pontos				4	Total de Pontos				3
Classificação preliminar				2	Classificação preliminar				2
Vazão nula				0	Vazão nula				0
Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0
Classificação Final				2	Classificação Final				2

REGIME PERENE PARA BARRAGENS DE GRANDE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

Experimento 1					Experimento 2					Experimento 3				
IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto	
	Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV
1	37,20%	42,69%	1	1	1	37,20%	42,69%	1	1	1	78,20%	114,31%	3	2
2	1078,34%	57,46%	3	0	2	1078,34%	57,46%	3	0	2	69,74%	100,76%	1	1
3	11,90%	43,28%	1	1	3	11,90%	43,28%	1	1	3	11,90%	45,43%	1	1
4	43,72%	205,53%	1	3	4	43,72%	205,53%	1	3	4	305,75%	108,70%	3	2
5	128,42%	283,06%	3	3	5	128,42%	283,06%	3	3	5	80,89%	252,10%	1	3
Total de Pontos				17	Total de Pontos				17	Total de Pontos				18
Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4
Vazão nula				0	Vazão nula				0	Vazão nula				0
Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0
Classificação Final				4	Classificação Final				4	Classificação Final				4
Experimento 4					Experimento 5					Experimento 6				
IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto	
	Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV
1	68,70%	55,59%	3	1	1	78,46%	114,02%	3	2	1	37,36%	43,04%	1	1
2	199,53%	82,84%	3	0	2	69,57%	100,44%	1	1	2	1077,87%	57,47%	3	0
3	12,20%	38,83%	1	1	3	11,80%	46,64%	1	1	3	11,75%	44,28%	1	1
4	111,00%	166,54%	3	3	4	332,52%	111,97%	3	2	4	44,20%	213,24%	1	3
5	49,65%	290,95%	1	3	5	84,04%	260,02%	2	3	5	157,48%	341,94%	3	3
Total de Pontos				19	Total de Pontos				19	Total de Pontos				17
Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4
Vazão nula				0	Vazão nula				0	Vazão nula				0
Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0
Classificação Final				4	Classificação Final				4	Classificação Final				4

Experimento 7					Experimento 8				
IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto	
	Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV
1	37,36%	43,04%	1	1	1	68,53%	54,90%	3	1
2	1077,87%	57,47%	3	0	2	200,17%	82,26%	3	0
3	11,75%	44,28%	1	1	3	12,30%	39,33%	1	1
4	44,20%	213,24%	1	3	4	119,23%	168,79%	3	3
5	157,48%	341,94%	3	3	5	49,64%	299,22%	1	3
Total de Pontos				17	Total de Pontos				19
Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4
Vazão nula				0	Vazão nula				0
Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0
Classificação Final				4	Classificação Final				4

REGIME INTERMITENTE PARA BARRAGENS DE PEQUENA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

Experimento 1					Experimento 2					Experimento 3				
IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto	
	Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV
1	6,89%	9,34%	0	0	1	6,89%	9,34%	0	0	1	37,72%	56,97%	1	1
2	4401,27%	12,41%	3	0	2	4401,27%	12,41%	3	0	2	258,71%	25,97%	3	0
3	9,65%	42,54%	1	1	3	9,65%	42,54%	1	1	3	11,45%	21,17%	1	0
4	24,91%	147,65%	0	3	4	24,91%	147,65%	0	3	4	210,87%	65,70%	3	1
5	98,24%	102,16%	2	2	5	98,24%	102,16%	2	2	5	91,72%	98,33%	2	2
Total de Pontos				12	Total de Pontos				12	Total de Pontos				14
Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4
Vazão nula				0	Vazão nula				0	Vazão nula				0
Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0
Classificação Final				4	Classificação Final				4	Classificação Final				4
Experimento 4					Experimento 5					Experimento 6				
IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto	
	Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV
1	35,35%	39,53%	1	1	1	37,75%	56,97%	1	1	1	6,78%	9,27%	0	0
2	639,32%	24,74%	3	0	2	255,89%	25,88%	3	0	2	4358,65%	12,36%	3	0
3	6,40%	21,11%	0	0	3	9,55%	46,60%	1	1	3	9,55%	44,28%	1	1
4	44,46%	121,11%	1	2	4	211,31%	65,42%	3	1	4	28,19%	160,83%	0	3
5	82,01%	103,02%	1	2	5	92,32%	96,38%	2	2	5	98,16%	104,03%	2	2
Total de Pontos				11	Total de Pontos				15	Total de Pontos				12
Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4
Vazão nula				0	Vazão nula				0	Vazão nula				0
Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0
Classificação Final				4	Classificação Final				4	Classificação Final				4

Experimento 7					Experimento 8				
IHA	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA	Média das mudanças		Pontos de impacto	
Grupo	Média	CV	Média	CV	Grupo	Média	CV	Média	CV
1	6,78%	9,27%	0	0	1	35,30%	39,44%	1	1
2	4358,65%	12,36%	3	0	2	649,27%	24,66%	3	0
3	9,55%	44,28%	1	1	3	5,75%	18,76%	0	0
4	28,19%	160,83%	0	3	4	44,51%	120,19%	1	2
5	98,16%	104,03%	2	2	5	80,85%	101,60%	1	2
Total de Pontos				12	Total de Pontos				11
Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4
Vazão nula				0	Vazão nula				0
Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0
Classificação Final				4	Classificação Final				4

REGIME INTERMITENTE PARA BARRAGENS DE GRANDE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

Experimento 1					Experimento 2					Experimento 3				
IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto	
	Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV
1	33,01%	34,97%	1	1	1	33,01%	34,97%	1	1	1	65,20%	106,14%	2	2
2	15209,45%	55,66%	3	0	2	15209,45%	55,66%	3	0	2	869,06%	69,24%	3	0
3	24,35%	60,98%	2	2	3	24,35%	60,98%	2	2	3	22,00%	51,70%	2	2
4	59,90%	494,31%	1	3	4	59,90%	494,31%	1	3	4	103,91%	305,99%	3	3
5	360,12%	611,56%	3	3	5	360,12%	611,56%	3	3	5	288,50%	591,52%	3	3
Total de Pontos				19	Total de Pontos				19	Total de Pontos				23
Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				5
Vazão nula				0	Vazão nula				0	Vazão nula				0
Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0
Classificação Final				4	Classificação Final				4	Classificação Final				5
Experimento 4					Experimento 5					Experimento 6				
IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto	
	Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV
1	55,76%	59,74%	2	1	1	66,45%	111,07%	2	2	1	31,95%	34,10%	1	1
2	2098,23%	41,01%	3	0	2	803,25%	69,04%	3	0	2	14565,54%	55,08%	3	0
3	21,70%	11,35%	2	0	3	21,55%	22,06%	2	0	3	21,65%	53,41%	2	2
4	103,47%	255,13%	3	3	4	98,46%	290,25%	3	3	4	73,39%	495,92%	2	3
5	199,30%	502,37%	3	3	5	308,57%	582,47%	3	3	5	346,24%	621,37%	3	3
Total de Pontos				20	Total de Pontos				21	Total de Pontos				20
Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				5	Classificação preliminar				4
Vazão nula				0	Vazão nula				0	Vazão nula				0
Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0
Classificação Final				4	Classificação Final				5	Classificação Final				4

Experimento 7					Experimento 8				
IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto		IHA Grupo	Média das mudanças		Pontos de impacto	
	Média	CV	Média	CV		Média	CV	Média	CV
1	31,95%	34,10%	1	1	1	54,72%	58,32%	2	1
2	14565,54%	55,08%	3	0	2	2181,60%	40,77%	3	0
3	21,65%	53,41%	2	2	3	23,90%	28,84%	2	0
4	73,39%	495,92%	2	3	4	77,67%	215,46%	2	3
5	346,24%	621,37%	3	3	5	196,21%	496,84%	3	3
Total de Pontos				20	Total de Pontos				19
Classificação preliminar				4	Classificação preliminar				4
Vazão nula				0	Vazão nula				0
Variação sub-diária				0	Variação sub-diária				0
Classificação Final				4	Classificação Final				4

AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e/ou divulgação total ou parcial da presente obra, por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

Camilla Hellen Peixoto de Lima

Assinatura do autor:

Camilla Hellen P. de Lima

Instituição: Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Local: Salvador, Bahia, Brasil

Endereço: Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Ambiental, Grupo de Estudos em Geo-Eco-Hidrologia, 4 andar, sala 8. Rua Aristides Novis, 2 – Bairro Federação CEP 40210-630 - Salvador, BA – Brasil

E-mail: camillahpl@gmail.com