

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

PREVISÃO HIDROLÓGICA POR CONJUNTO
COMO FERRAMENTA DE DECISÃO NA
OPERAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE
ABASTECIMENTO:
ESTUDO DE CASO DO RESERVATÓRIO
DE SERRA AZUL (MG)

João Augusto de Souza Pinto

Belo Horizonte
2017

**PREVISÃO HIDROLÓGICA POR CONJUNTO COMO
FERRAMENTA DE DECISÃO NA OPERAÇÃO DE
RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO:
ESTUDO DE CASO DO RESERVATÓRIO
DE SERRA AZUL (MG)**

João Augusto de Souza Pinto

João Augusto de Souza Pinto

**PREVISÃO HIDROLÓGICA POR CONJUNTO COMO
FERRAMENTA DE DECISÃO NA OPERAÇÃO DE
RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO:
ESTUDO DE CASO DO RESERVATÓRIO
DE SERRA AZUL (MG)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Hidráulica e Recursos Hídricos

Linha de pesquisa: Modelagem de processos hidrológicos

Orientadora: Talita Fernanda das Graças Silva

Coorientador: Nilo de Oliveira Nascimento

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2017

P659p

Pinto, João Augusto de Souza.

Previsão hidrológica por conjunto como ferramenta de decisão na operação de reservatórios de abastecimento [recurso eletrônico] : estudo de caso do reservatório de serra azul (MG) / João Augusto de Souza Pinto. – 2017.

1 recurso online (xviii, 182 f.: il., color.) : pdf.

Orientadora: Talita Fernanda das Graças Silva.

Coorientador: Nilo de Oliveira Nascimento.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices: f. 136-182.

Bibliografia: f. 131-135.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Recursos hídricos - Desenvolvimento - Teses. 3. Reservatórios - Teses. 4. Previsão hidrológica - Teses. 5. Serra Azul (MG) - Teses. 6. Verificação probabilística de modelos - Teses. 7. El NiNo, Corrente - Teses. I. Silva, Talita Fernanda das Graças. II. Nascimento, Nilo de Oliveira. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 628(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Avenida Antônio Carlos, 6627 - 4º andar - 31270-901 - Belo Horizonte - BRASIL

Telefax: 55 (31) 3409-1882 - posgrad@desa.ufmg.br

<http://www.smarh.eng.ufmg.br>

FOLHA DE APROVAÇÃO

“Previsão Hidrológica por Conjunto como Ferramenta de Decisão na Operação de Reservatórios de Abastecimento: Estudo de Caso do Reservatório de Serra azul(MG)”

JOÃO AUGUSTO DE SOUZA PINTO

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Profª TALITA FERNANDA DAS GRAÇAS SILVA - Orientadora

Prof. NILO DE OLIVEIRA NASCIMENTO - Coorientador

Prof. WEBER AFONSO FIGUEIREDO COSTA

Prof. FRANCISCO DE ASSIS DE SOUZA FILHO

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Prof. Nilo de Oliveira Nascimento
Coordenador

Versão Final aprovada por

Profª. Talita Fernanda das Graças Silva
Orientadora

Belo Horizonte, 01 de agosto de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico este trabalho à minha família por ter me apoiado durante toda minha formação acadêmica, pessoal e profissional, principalmente nos momentos de maiores dificuldades. Em especial, agradeço aos meus pais, por me prepararem emocionalmente e por servirem de exemplo de superação. Pai, muito obrigado pelas boas lembranças, as quais sempre alegam o meu dia. Mãe, obrigado por me amar e cuidar de mim; também te amo!

Agradeço ao meu amor Gláucia, companheira de todas as horas, que sempre me ergue e me dá forças para seguir em frente; sem ela, nada disto se realizaria. Lembre-se sempre que “já passamos por momentos piores e sempre superamos”.

Agradeço a todos os companheiros do EHR, em especial aos professores Talita e Nilo, por serem pacientes, profissionais exemplares, verdadeiros mestres e por todo conhecimento a mim transmitido. Também agradeço aos engenheiros Karoline Tenório e Roberto Oliveira, da COPASA, e à pesquisadora Maria Helena Ramos, do IRSTEA, por todo apoio e atenção dedicados a este projeto. Agradeço também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro, essencial para este estudo.

Agradeço à minha filha Letícia, por suportar minhas ausências e ainda assim me amar. Apesar da distância, você estará sempre no meu coração.

Agradeço à minha irmã Gisele, por compreender, apoiar e estender a mão durante minhas decisões mais difíceis. Agradeço à minha sobrinha Dani, por sempre me alegrar com seus sorrisos e abraços. Espero que tenhamos mais tempo para assistir besteiras na internet. Agradeço aos meus tios Affonso e Therezinha, por todo amor, alegria e apoio.

Agradeço aos meus sogros Aparecida e Vantuil, por terem me acolhido e apoiado durante estes dois anos de estudo e trabalho. Aos meus cunhados Patrícia e Matheus, por sempre ajudarem quando precisamos. Também agradeço a Marieta Muniz por todo o carinho e felicidade.

Finalmente, agradeço a todos os familiares e amigos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista.

RESUMO

A operação de um sistema de produção e distribuição de água requer uma variedade de decisões a serem tomadas em diferentes horizontes no tempo, o que se torna um desafio haja visto a aleatoriedade das chuvas e a compreensão parcial dos processos hidrológicos que ocorrem na bacia hidrográfica. Técnicas de previsão de vazão por conjunto ESP (*Extended Streamflow Prediction*) permitem a incorporação destas incertezas em uma abordagem probabilística, através da qual um modelo hidrológico determinístico tipo chuva-vazão gera um conjunto de previsões de vazão. Este trabalho teve como finalidade a aplicação do método ESP para previsão de vazões afluentes ao reservatório de Serra Azul (MG), buscando assim fornecer melhores informações para a operação e planejamento do reservatório. Utilizou-se o modelo determinístico GR2M, o qual representou satisfatoriamente o comportamento hidrológico da bacia. O método ESP apresentou bom desempenho, sobretudo com relação à verificação probabilística através de diagramas de confiabilidade e ROC, considerando 35 anos de *hindcasts*. Foi desenvolvido e calibrado um modelo de balanço hídrico capaz de representar a variação de nível do reservatório. Procedeu-se com a previsão da vazão afluente ao reservatório durante um ano hidrológico, cujos resultados serviram para alimentar o modelo de balanço hídrico, sendo realizadas simulações com vazões de 10%, 50% e 90% de probabilidade de excedência, considerando diferentes estágios iniciais do reservatório e diferentes vazões de adução. Concluiu-se que a tomada de decisão na operação de reservatório de água pode ser melhor auxiliada por previsões probabilísticas de longo termo.

Palavras-chave: Previsão hidrológica, Previsão de vazões por conjunto, Verificação probabilística, El Niño - Oscilação Sul, ENOS, Reservatório de água.

ABSTRACT

Water production and distribution systems require a variety of decisions to be taken at different time horizons, which becomes a challenge in view of the randomness of rainfall and the partial understanding about hydrological processes in the river basin. The Extended Streamflow Prediction (ESP) method allows the incorporation of these uncertainties into a probabilistic approach, whereby a deterministic rain-flow hydrological model generates a set of flow forecasts. The ESP method was applied to predict the inflow to Serra Azul reservoir (Minas Gerais, Brazil), in order to provide better information on reservoir operation and planning. The ESP method presented good performance, especially regarding probabilistic verification through reliability and ROC diagrams, considering 35 years of hindcasts. The inflow to the reservoir was predicted during a hydrological year. The results were inputted into reservoir balance model, and simulations were carried out with 10%, 50% and 90% exceedance probabilities, considering different initial reservoir stages and different adduced flows. It was concluded that the decision making in the operation of water reservoirs can be better assisted by long-term probabilistic forecasts.

Keywords: Hydrological forecast, Ensemble prediction, Probabilistic verification, El Niño – Southern Oscillation, ENSO, Water supply reservoir

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1: CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS HIDROLÓGICOS CONFORME ALEATORIEDADE, VARIAÇÃO ESPACIAL E VARIAÇÃO TEMPORAL DOS FENÔMENOS REPRESENTADOS. FONTE: ADAPTADO DE CHOW, MAIDMENT E MAYS (1988).....	26
FIGURA 3.2: ESTRUTURA DO MODELO GR2M. FONTE: MOUELHI <i>ET AL.</i> (2006)	36
FIGURA 3.3: EXEMPLO DE GRÁFICO DE PREVISÃO ESP, ONDE CADA TRAÇO REPRESENTA UM MEMBRO (COLORIDO)	43
FIGURA 3.4: EXEMPLO DE GRÁFICO DE PROBABILIDADE DE EXCEDÊNCIA DE VAZÃO.....	43
FIGURA 3.5: POSSÍVEIS FORMAS DE VARIAÇÃO DOS GRÁFICOS NO DIAGRAMA DE CONFIABILIDADE ..	48
FIGURA 3.6: DIAGRAMA ROC COM DIFERENTES EXEMPLOS DE HABILIDADES DE DISCRIMINAÇÃO ...	49
FIGURA 3.7: OSCILAÇÃO SUL – MECANISMOS DE CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA DAS FASES QUENTE E FRIA (H: ZONA DE ALTA PRESSÃO; L: ZONA DE BAIXA PRESSÃO). FONTE: WWW.CHIEFSCIENTIST.QLD.GOV.AU.....	50
FIGURA 3.8: ANOMALIAS DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA AO NÍVEL DO MAR. FONTE: WWW.CPC.NCEP.NOAA.GOV	52
FIGURA 3.9: SÉRIE TEMPORAL DO ÍNDICE DE OSCILAÇÃO SUL (SOI). FONTE: NOAA (2017).....	53
FIGURA 3.10: ESQUEMA DE RESERVATÓRIO FORMADO POR BARRAMENTO, COM DESTAQUE PARA SEUS ELEMENTOS MAIS CARACTERÍSTICOS: NÍVEIS, VOLUMES E EQUIPAMENTOS DE SAÍDA D'ÁGUA. FONTE: ADAPTADO DE COLLISCHONN E DORNELLES (2015)	58
FIGURA 4.1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA DE SERRA AZUL.....	60
FIGURA 4.2: PROCESSO DE ESCOLHA, TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS UTILIZADOS	62
FIGURA 4.3: ANÁLISE DA CONTINUIDADE DAS SÉRIES DE DADOS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS ANALISADAS	63
FIGURA 4.4: MAPA DE DELIMITAÇÃO DOS POLÍGONOS DE THIESSEN PARA DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA SOBRE A BACIA DE SERRA AZUL.....	64

FIGURA 4.5: GRÁFICOS DAS CURVAS DE DUPLA MASSA PARA CADA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	66
FIGURA 4.6: SÉRIE DE PRECIPITAÇÕES CALCULADA CONFORME MÉTODO DE THIESSEN (ANO HIDROLÓGICO: OUTUBRO-SETEMBRO).....	67
FIGURA 4.7: SÉRIE DE PRECIPITAÇÕES ANUAIS (ANO HIDROLÓGICO: OUTUBRO-SETEMBRO)	67
FIGURA 4.8: PRECIPITAÇÃO MENSAL MÉDIA NA BACIA DE SERRA AZUL	67
FIGURA 4.9: LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA DE JARDIM (40811100) – BACIA DE SERRA AZUL.....	68
FIGURA 4.10: SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAS DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA JARDIM (40811100) APÓS PREENCHIMENTO DAS DESCONTINUIDADES	70
FIGURA 4.11: VAZÕES MÉDIAS MENSAS DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA JARDIM (40811100).....	70
FIGURA 4.12: VARIAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP) MENSAL MÉDIA NO PERÍODO DE 1976 A 2016 – ESTAÇÃO ALTO DA BOA VISTA (2044021).....	73
FIGURA 4.13: EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP) ANUAL NO PERÍODO DE 1977 A 2015 – ESTAÇÃO ALTO DA BOA VISTA (2044021)	73
FIGURA 4.14: EXEMPLO DE ENSAIO DE MEMÓRIA DA BACIA DE SERRA AZUL; PERTURBAÇÃO IGUAL A UMA PRECIPITAÇÃO DE 1200 MM EM JANEIRO/1983	76
FIGURA 4.15: ETAPAS DO MÉTODO DE PREVISÃO POR CONJUNTO (ESP).....	81
FIGURA 4.16: ELEVAÇÃO DO NA (M) DO RESERVATÓRIO EM FUNÇÃO DE SEU VOLUME (HM ³).....	85
FIGURA 4.17: ELEVAÇÃO DO NA (M) DO RESERVATÓRIO EM FUNÇÃO DE SUA ÁREA (KM ²)	85
FIGURA 4.18: ÁREA DO RESERVATÓRIO (KM ²) EM FUNÇÃO DE SEU VOLUME (HM ³).....	86
FIGURA 4.19: VARIAÇÃO MENSAL DO NA DO RESERVATÓRIO DE SERRA AZUL	87
FIGURA 4.20: MÉDIAS MENSAS DAS VAZÕES ADUZIDAS DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO DE SERRA AZUL	87
FIGURA 4.21: ESQUEMA DE SIMULAÇÕES COM DIFERENTES PROBABILIDADES DE EXCEDÊNCIA, NAS INICIAIS DO RESERVATÓRIO, VAZÕES DE ADUÇÃO E HORIZONTES DE PREVISÃO.	90

FIGURA 5.1: PRIMEIRA ETAPA DE CALIBRAÇÃO; VARIAÇÃO: $0,00 < X_1 < 10,00$ E $0,08 < X_2 < 0,88$	93
FIGURA 5.2: SEGUNDA ETAPA DE CALIBRAÇÃO; VARIAÇÃO: $7,75 < X_1 < 10,00$ E $0,48 < X_2 < 0,88$	93
FIGURA 5.3: TERCEIRA ETAPA DE CALIBRAÇÃO; VARIAÇÃO: $7,75 < X_1 < 8,75$ E $0,62 < X_2 < 0,80$	94
FIGURA 5.4: QUARTA ETAPA DE CALIBRAÇÃO; VARIAÇÃO: $8,42 < X_1 < 8,55$ E $0,63 < X_2 < 0,68$	94
FIGURA 5.5: HIDROGRAMA RESULTANTE DA SIMULAÇÃO DO MODELO PARA O PERÍODO DE CALIBRAÇÃO, DE JANEIRO/1979 A MARÇO/2006.....	96
FIGURA 5.6: RELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES OBSERVADAS E SIMULADAS DURANTE A CALIBRAÇÃO	97
FIGURA 5.7: EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS RESÍDUOS DA CALIBRAÇÃO.....	98
FIGURA 5.8: EVOLUÇÃO DOS RESÍDUOS EM FUNÇÃO DA MAGNITUDE DAS VAZÕES OBSERVADAS (CALIBRAÇÃO).....	99
FIGURA 5.9: CURVA DE PERMANÊNCIA DAS VAZÕES OBSERVADAS E SIMULADAS (CALIBRAÇÃO).....	99
FIGURA 5.10: HIDROGRAMA RESULTANTE DA SIMULAÇÃO DO MODELO PARA O PERÍODO DE VALIDAÇÃO, DE ABRIL/2006 A ABRIL/2016.....	101
FIGURA 5.11: RELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES OBSERVADAS E SIMULADAS DURANTE A VALIDAÇÃO ..	102
FIGURA 5.12: EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS RESÍDUOS DA VALIDAÇÃO.....	103
FIGURA 5.13: EVOLUÇÃO DOS RESÍDUOS EM FUNÇÃO DA MAGNITUDE DAS VAZÕES OBSERVADAS (VALIDAÇÃO).....	103
FIGURA 5.14: CURVA DE PERMANÊNCIA DAS VAZÕES OBSERVADAS E SIMULADAS (VALIDAÇÃO)...	104
FIGURA 5.15: CONJUNTO DE MEMBROS DE PREVISÃO (AZUIS) E INTERVALO DE INCERTEZA DOS PARÂMETROS DO MODELO (CINZA) PARA O ANO HIDROLÓGICO 2004/05	106
FIGURA 5.16: CONJUNTO DE MEMBROS DE PREVISÃO (AZUIS) E INTERVALO DE INCERTEZA DOS PARÂMETROS DO MODELO (CINZA) PARA O ANO HIDROLÓGICO 2010/11	106
FIGURA 5.17: CONJUNTO DE MEMBROS DE PREVISÃO (AZUIS) E INTERVALO DE INCERTEZA DOS PARÂMETROS DO MODELO (CINZA) PARA O ANO HIDROLÓGICO 2015/16	107

FIGURA 5.18: VERIFICAÇÃO DETERMINÍSTICA POR ESTATÍSTICA CONVENCIONAL: GRÁFICOS DOS INDICADORES MAE, RMAE, PBIAS E CORRELAÇÃO R.....	110
FIGURA 5.19: DIAGRAMAS DE CONFIABILIDADE PARA TODOS OS HORIZONTES DE PREVISÃO COM VAZÃO LIMAR DE 25%, 50% E 75% (OS VALORES NAS LEGENDAS CORRESPONDEM AOS HORIZONTES DE PREVISÃO).....	112
FIGURA 5.20: GRÁFICOS ROC PARA TODOS OS HORIZONTES DE PREVISÃO COM VAZÃO LIMAR DE 25%, 50% E 75% (OS VALORES NAS LEGENDAS CORRESPONDEM AOS HORIZONTES DE PREVISÃO)....	114
FIGURA 5.21: COMPARAÇÃO ENTRE AS PREVISÕES COM REAMOSTRAGEM (ENOS/SOI) E PREVISÕES SEM REAMOSTRAGEM PARA VAZÕES NO RIBEIRÃO SERRA AZUL: ANO HIDROLÓGICO 2004/05 (FASE NEUTRA).....	116
FIGURA 5.22: COMPARAÇÃO ENTRE AS PREVISÕES COM REAMOSTRAGEM (ENOS/SOI) E PREVISÕES SEM REAMOSTRAGEM PARA VAZÕES NO RIBEIRÃO SERRA AZUL: ANO HIDROLÓGICO 2010/11 (FASE FRIA).....	117
FIGURA 5.23: COMPARAÇÃO ENTRE AS PREVISÕES COM REAMOSTRAGEM (ENOS/SOI) E PREVISÕES SEM REAMOSTRAGEM PARA VAZÕES NO RIBEIRÃO SERRA AZUL: ANO HIDROLÓGICO 2015/16 (FASE QUENTE).....	118
FIGURA 5.24: CALIBRAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO DO RESERVATÓRIO DE SERRA AZUL.....	121
FIGURA 5.25: VALIDAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO DO RESERVATÓRIO DE SERRA AZUL.....	121
FIGURA 5.26: AJUSTES DA DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL EM COMPARAÇÃO À DISTRIBUIÇÃO EMPÍRICA PARA OS MESES DE JANEIRO A JUNHO.....	122
FIGURA 5.27: AJUSTES DA DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL EM COMPARAÇÃO À DISTRIBUIÇÃO EMPÍRICA PARA OS MESES DE JULHO A DEZEMBRO.....	123

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1: DESEMPENHO DO MODELO GR2M EM COMPARAÇÃO A OUTROS MODELOS (MELHOR: 100%)	34
TABELA 4.1: ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS ESCOLHIDAS PARA ANÁLISE DAS SÉRIES.....	63
TABELA 4.2: ÁREA DOS POLÍGONOS DE THIESSEN PARA CADA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA – RELAÇÃO FINAL DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS.....	64
TABELA 4.3: CURVAS-CHAVE UTILIZADAS PARA PREENCHIMENTO DE DESCONTINUIDADES DA SÉRIE FLUVIOMÉTRICA. FONTE: DRUMOND (1994, <i>APUD</i> NEVES, 2005) E CPRM (<i>APUD</i> MOTA, 2016).	69
TABELA 4.4: EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL ETP MENSAL (MM) CALCULADA PARA O PERÍODO DE 1976 A 2016; TANQUE EVAPORIMÉTRICO – ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA ALTO DA BOA VISTA (2044021)	74
TABELA 4.5: DESVIOS-PADRÃO MENSAIS (m^3/s) DOS RESÍDUOS DA SIMULAÇÃO COM DADOS ORIGINAIS (SOV)	76
TABELA 4.6: ETAPAS DE CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO GR2M	79
TABELA 4.7: RELAÇÕES ENTRE NA, ÁREA E VOLUME DO RESERVATÓRIO DE SERRA AZUL. FONTE: COPASA (2014).....	84
TABELA 4.8: CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM DO RESERVATÓRIO DE SERRA AZUL. FONTE: COPASA	84
TABELA 5.1: RESULTADOS DO ENSAIO SOBRE A MEMÓRIA DA BACIA, CONFORME PERTURBAÇÃO, MÊS E ANO HIDROLÓGICO.....	91
TABELA 5.2: DETALHAMENTO DAS QUATRO ETAPAS DE CALIBRAÇÃO DOS PARÂMETROS X_1 E X_2 DO MODELO GR2M	92
TABELA 5.3: ESTATÍSTICA DOS RESÍDUOS DA CALIBRAÇÃO.....	98
TABELA 5.4: ESTATÍSTICA DOS RESÍDUOS DA VALIDAÇÃO	102

TABELA 5.5: RESULTADOS DAS 34 RODADAS DE CALIBRAÇÃO PARA ESTABELECIMENTO DAS DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES DOS PARÂMETROS X_1 E X_2 ($X_{5\%}$ = PERCENTIL DE 5%; $X_{95\%}$ = PERCENTIL DE 5%).....	105
TABELA 5.6: VARIAÇÃO DAS VAZÕES PREVISTAS APÓS REAMOSTRAGEM EM FUNÇÃO DO SOI	119
TABELA 5.7: VAZÕES OBSERVADAS E PREVISTAS (M ³ /S) ATRAVÉS DO MÉTODO ESP SEM REAMOSTRAGEM.....	124
TABELA 5.8: VAZÕES OBSERVADAS E PREVISTAS (M ³ /S) ATRAVÉS DO MÉTODO ESP COM REAMOSTRAGEM.....	124
TABELA 5.9: RESULTADOS DOS NAS SIMULADOS PARA PREVISÕES SEM REAMOSTRAGEM (VERDE: CHEIO; AMARELO: MÉDIO; ROSA: VAZIO)	125
TABELA 5.10: RESULTADOS DOS NAS SIMULADOS PARA PREVISÕES COM REAMOSTRAGEM (VERDE: CHEIO; AMARELO: MÉDIO; ROSA: VAZIO)	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI: análise de incerteza

ANA: Agência Nacional de Águas

AS: análise de sensibilidade

Cemagref: Centre d'etude du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts

COPASA: Companhia de Saneamento do Estado de Minas Gerais S.A.

CPRM: Serviço Geológico do Brasil

EN: El Niño

ENOS: El Niño - Oscilação Sul

ESP: *Extended Streamflow Prediction*

ETP: evapotranspiração potencial

F: fase fria do ENOS

F: função objetivo inversa

LN: La Niña

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

N: fase neutra do ENOS

N: quantidade de pares de dados ou total de passos de tempo

NS: critério de Nash e Sutcliffe (%)

O: valor de fato observado

OS: Oscilação Sul

Q: fase quente do ENOS

SOI: *Southern Oscillation Index*

SST: temperatura da superfície do mar

TMP: totais mensais precipitados

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

WMO: World Meteorological Organization (Organização Mundial de Meteorologia)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	22
2.1	OBJETIVO GERAL	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3	REVISÃO DA LITERATURA	23
3.1	MODELAGEM DE PROCESSOS HIDROLÓGICOS	23
3.1.1	<i>Classificação dos modelos hidrológicos</i>	24
3.1.2	<i>Calibração de parâmetros e validação de modelos</i>	27
3.1.3	<i>Incertezas dos resultados dos modelos</i>	29
3.2	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E INCERTEZA DOS MODELOS	32
3.3	MODELO HIDROLÓGICO GR2M	33
3.3.1	<i>Módulo de Produção</i>	35
3.3.2	<i>Módulo de Transferência</i>	37
3.4	PREVISÃO HIDROLÓGICA	37
3.4.1	<i>Previsão hidrológica de longo termo para sistemas de abastecimento de água</i>	39
3.4.2	<i>Incertezas associadas à previsão hidrológica</i>	41
3.4.3	<i>O método Extended Streamflow Prediction (ESP)</i>	42
3.4.4	<i>Métodos de verificação da previsão</i>	44
3.5	EL NIÑO - OSCILAÇÃO SUL (ENOS)	50
3.6	RESERVATÓRIOS DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO	54
3.6.1	<i>Balanco hídrico de reservatórios</i>	55
3.6.2	<i>Composição de um reservatório</i>	55
3.6.3	<i>Tomada d'água</i>	58
4	MATERIAL E MÉTODOS	60
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DE SERRA AZUL	60
4.2	AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS HIDROLÓGICOS	61
4.2.1	<i>Séries pluviométricas</i>	62
4.2.2	<i>Séries fluviométricas</i>	68
4.2.3	<i>Séries climatológicas</i>	71
4.2.4	<i>Ensaio sobre a memória da bacia de Serra Azul</i>	75
4.2.5	<i>Método de calibração e validação</i>	77
4.2.6	<i>Análise de sensibilidade e incertezas do modelo</i>	79
4.3	PREVISÃO HIDROLÓGICA ATRAVÉS DO MÉTODO ESP	80
4.3.1	<i>Estatística convencional de verificação da previsão</i>	81
4.3.2	<i>Métodos probabilísticos de verificação da previsão</i>	81
4.3.3	<i>Previsão por reamostragem dos anos hidrológicos conforme fase ENOS</i>	82

4.4	BALANÇO HÍDRICO DO RESERVATÓRIO DE SERRA AZUL.....	83
4.5	A PREVISÃO HIDROLÓGICA NO PLANEJAMENTO E NA OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE SERRA AZUL .	88
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
5.1	ENSAIO SOBRE A MEMÓRIA DA BACIA	91
5.2	CALIBRAÇÃO DO GR2M NA BACIA DO RESERVATÓRIO SERRA AZUL	92
5.3	VALIDAÇÃO DO GR2M NA BACIA DO RESERVATÓRIO SERRA AZUL	100
5.4	RESULTADOS DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E INCERTEZAS	104
5.5	VERIFICAÇÃO DA PREVISÃO HIDROLÓGICA NA BACIA DO RESERVATÓRIO SERRA AZUL	108
5.5.1	<i>Estatística convencional</i>	108
5.5.2	<i>Verificação probabilística</i>	111
5.6	RESULTADOS DA PREVISÃO DE VAZÕES COM E SEM REAMOSTRAGEM PELO ÍNDICE DE OSCILAÇÃO SUL (SOI)	115
5.7	CALIBRAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO E PREVISÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO.....	120
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	128
	REFERÊNCIAS	131
	APÊNDICES.....	136
	APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO DOS MESES E DOS ANOS HIDROLÓGICOS CONFORME O ÍNDICE DE OSCILAÇÃO SUL (SOI).....	136
	APÊNDICE B – CONJUNTOS DE MEMBROS PARA CADA ANO DA SÉRIE (HINDCAST).....	137
	APÊNDICE C – PREVISÕES POR CONJUNTO	173
	APÊNDICE D – DIAGRAMAS DE CONFIABILIDADE PARA HORIZONTES DE PREVISÃO DE 1 A 12 MESES	179
	APÊNDICE E – DIAGRAMAS DE CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS RELATIVAS (ROC) PARA HORIZONTES DE PREVISÃO DE 1 A 12 MESES.....	181

1 INTRODUÇÃO

A distribuição da água no ciclo hidrológico em termos espaciais e temporais está associada diretamente a fenômenos naturais, como sazonalidade e clima, e também a fenômenos antrópicos, a exemplo dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo. Muitos destes fenômenos apresentam forte aleatoriedade, já que alguns de seus fatores causais e/ou influentes, e suas interdependências, são de difícil explicação e determinação (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Além da dificuldade em se explicitar e determinar um fenômeno hidrológico, há uma escassez de dados, seja pelo pouco tempo de monitoramento realizado e ou pelas grandes extensões ainda não monitoradas. Há ainda a existência de tendências já apontadas em outros trabalhos (ALEXANDRE, 2009; ALVES; SOUZA-FILHO; SILVEIRA, 2011; ROCHA; TOMMASELLI, 2012; VILANOVA, 2014), as quais podem estar relacionadas a mudanças climáticas locais e globais, ou a mudanças de uso e ocupação do solo. Portanto, a aleatoriedade e a heterogeneidade de distribuição são características dos recursos hídricos, sendo fatores condicionantes de sua disponibilidade.

Diante disto, torna-se um desafio assegurar dois objetivos do princípio de Segurança Hídrica (Declaração Ministerial do 2º Fórum Mundial da Água, 2000), sendo eles: (i) garantir o acesso à água potável e suficiente a um custo acessível à população, viabilizando sua vida saudável e produtiva; e (ii) proteger populações vulneráveis contra os riscos relacionados à água, como secas e enchentes.

Como exemplo deste desafio, pode-se citar a estiagem ocorrida nos anos hidrológicos de 2013-2014 e 2014-2015 no sudeste brasileiro, que levou várias cidades a declararem estado de emergência e a operarem em sistema de racionamento de água. Segundo o CPRM (2016), estes anos hidrológicos apresentaram as menores vazões da série histórica medidas em quase todas as estações de monitoramento de Minas Gerais.

Considerando a demanda crescente por abastecimento de água, principalmente pelo aumento populacional, e as incertezas relacionadas aos processos hidrometeorológicos, faz-se necessária uma gestão eficiente dos recursos hídricos, visando atender a seus usos múltiplos e princípios de segurança hídrica.

Na gestão dos recursos hídricos, comumente utiliza-se equipamentos e estruturas que auxiliam no armazenamento de água. Considerando a inevitável variabilidade temporal do ciclo hidrológico, também é comum deparar-se com situações em que a disponibilidade hídrica é ora inferior, ora superior, à demanda da sociedade. Devido a este fato, os reservatórios de água são estruturas que têm o papel de regularização das vazões naturais, armazenando o volume disponível durante os períodos chuvosos para que seja utilizado nos períodos de estiagem, compensando as diferenças entre a demanda e a oferta de água (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

A operação de reservatórios de água pode ser otimizada através da utilização de modelos hidrológicos de diversos tipos e estruturas, visando diferentes finalidades, como balanços hídricos, operação de estruturas hidráulicas (comportas, eclusas, etc.), qualidade da água, entre outras. No caso de reservatórios de abastecimento, os modelos geralmente atendem necessidades relacionadas ao dimensionamento das estruturas, à regularização da vazão, à operação de vertedores e à previsão de vazões afluentes ao reservatório (TUCCI, 2005).

O planejamento e a operação de um reservatório de água dependem, principalmente, da previsão de vazões afluentes, que resultará nas estimativas de volume disponível no futuro. Assim, os modelos hidrológicos se apresentam como as principais ferramentas utilizadas para tal finalidade. Estes modelos, quando associados a métodos de previsão, são denominados “modelos de previsão hidrológica”. Além do caso de abastecimento, os modelos de previsão hidrológica também são comumente empregados na operação de reservatórios de hidrelétricas e na gestão de eventos críticos, a fim de se evitar danos causados por enchentes, inundações, secas e deslizamentos.

Há diversos métodos de previsão hidrológica, os quais podem utilizar modelos de regressão, modelos conceituais, análise de séries temporais e o método *Extended Streamflow Prediction* (ESP). Este último possibilita a previsão de vazões através de um conjunto de simulações (saídas) de um modelo hidrológico geradas a partir de um conjunto de séries históricas de dados hidrometeorológicos (entradas), sendo possível analisar estatisticamente o conjunto de vazões gerado pelas simulações (DAY, 1985).

Apesar de muitos trabalhos já terem tratado do método ESP como ferramentas de previsão de vazões afluentes em reservatórios, a maioria dos casos refere-se a reservatórios de hidrelétricas (FAN *et al.*, 2014; SCHWANENBERG *et al.*, 2015), cuja operação exige previsões com

antecedência diária ou semanal. Meller *et al.* (2014) realizaram previsão de cheias por conjunto, de curto prazo, utilizando dados observados de precipitação e vazão de estações telemétricas operadas por uma companhia de geração hidrelétrica, juntamente com um conjunto de previsões de precipitação pré-existente.

Ainda são poucos os trabalhos que tratam da aplicação do método na operação de reservatórios de abastecimento com antecedência de previsão mensal ou sazonal (SOUZA-FILHO; LALL, 2004; EUM; KIM, 2010; CROCHEMORE, 2016), principalmente em regiões tropicais.

O método ESP tem em sua premissa básica a utilização de modelos hidrológicos conceituais, os quais consideram as condições presentes da bacia hidrográfica a cada passa de tempo da simulação. Desta forma, o modelo atualiza as condições nas quais as previsões são realizadas, mantendo-as corretamente representadas no tempo (PINTO, 2005). Esta característica do método ESP o diferencia de outros métodos de previsão, como análise de séries temporais, pois considera a constante atualização do estado da bacia (a exemplo da umidade do solo) a cada passo de tempo.

Sendo assim, este estudo tem por finalidade geral propor uma metodologia de previsão, através do método ESP, que seja capaz de subsidiar o processo de tomada de decisão na operação de reservatórios de água destinados ao abastecimento público.

Esta dissertação apresenta sete capítulos, a contar com este, sendo os demais estruturados da seguinte forma: no Capítulo 2 são apresentados os objetivos geral e específicos do estudo; o Capítulo 3 contém a revisão bibliográfica que deu bases e fundamentos para os capítulos seguintes; o Capítulo 4 apresenta a metodologia proposta para a previsão de vazões afluentes ao reservatório de Serra Azul; o Capítulo 5 traz os resultados da aplicação da metodologia juntamente com a análise destes e a comparação com outros resultados constantes na literatura consultada; o Capítulo 6 reúne as conclusões resultantes da análise dos resultados e; o Capítulo 7 finaliza com recomendações para futuros trabalhos que abordem o tema ou que se dediquem à continuidade e evolução da metodologia aqui proposta.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Implementação do método *Extendend Streamflow Prediction* (ESP) como ferramenta de auxílio à tomada de decisão na operação de reservatórios de água para abastecimento humano, sendo o reservatório de Serra Azul (MG) escolhido como estudo de caso.

2.2 Objetivos específicos

São objetivos específicos desse trabalho:

- Aplicar um modelo hidrológico que represente a bacia do reservatório Serra Azul;
- Realizar ensaio sobre a memória da bacia hidrográfica para melhor compreensão do comportamento hidrológico da mesma;
- Verificar o método *Extendend Streamflow Prediction* (ESP) para prever as vazões afluentes ao reservatório Serra Azul;
- Integrar a previsão das vazões afluentes a uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão na operação do reservatório Serra Azul.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Modelagem de processos hidrológicos

Buscando a exploração dos recursos hídricos e o entendimento de eventos hidrológicos extremos, o homem tem se dedicado a compreender cada vez mais o comportamento dos fenômenos naturais. Estes dependem de grande número de fatores, o que dificulta a análise quantitativa e qualitativa dos processos e dos sistemas naturais.

De acordo com Chow, Maidment e Mays (1988), a grande complexidade dos fenômenos hidrológicos os tornam quase incompreensíveis em sua totalidade, mas ainda assim podem ser representados de forma simplificada através do conceito de sistema.

Dooge (1973 *apud* TUCCI, 2005) conclui que um sistema pode ser definido como uma estrutura ou procedimento, real ou abstrato, que num dado tempo de referência inter-relaciona-se com uma entrada de informação (ou estímulo de energia) e uma saída de informação (ou resposta de energia).

Um sistema hidrológico pode ser definido como *uma estrutura ou volume no espaço, circundado por uma fronteira, que recebe água e outras entradas, operando-as internamente e produzindo-as como saída* (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988, p. 7).

Sendo assim, a bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema resultante de processos naturais, onde a precipitação representaria o principal elemento de entrada do sistema e o deflúvio, o elemento de saída.

Outros fenômenos relacionados ao ar e às trocas de calor, como a evapotranspiração, também podem se comportar como elementos de entrada do sistema, contudo a maior entrada se dá através da precipitação, a qual é altamente variável e de difícil previsão. Isto faz com que a maior parte dos sistemas hidrológicos sejam intrinsecamente aleatórios (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988).

Em busca de um entendimento cada vez maior da hidrologia, a ciência tem desenvolvido modelos que, segundo Tucci (2005, p. 17), são *representações de algum objeto ou sistema, numa linguagem ou forma de fácil acesso e uso, com o objetivo de entendê-lo e buscar suas*

respostas para diferentes entradas. O modelo de um sistema hidrológico é uma aproximação do sistema real, tendo como objetivo representar e estudar a operação do sistema e prever sua saída (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988), sendo ferramentas úteis na simulação e previsão de fenômenos hidrológicos.

De acordo com Tucci (2005), a simulação é o processo de utilização do modelo, apresentando três distintas fases: (i) estimativa ou calibração dos parâmetros, (ii) verificação ou validação e (iii) previsão ou predição. Estas fases serão explicadas, respectivamente, nas seções 3.1.4, 3.1.5 e 3.2.

3.1.1 Classificação dos modelos hidrológicos

Em geral, os modelos podem ser classificados como *físicos*, *matemáticos* ou *analógicos*. Os modelos físicos representam o sistema através de uma réplica em escala reduzida (modelo reduzido). Já os modelos analógicos se baseiam na analogia existente entre equações que definem diferentes fenômenos, sendo possível modelar um sistema através da modelagem mais conveniente de outro fenômeno (TUCCI, 2005).

No caso dos modelos matemáticos, estes representam o sistema através de equações matemáticas, cuja estrutura permite alterações sem grandes dificuldades, além de apresentarem maior velocidade de resposta. Contudo, há a dificuldade de representação matemática de alguns processos e fenômenos físicos (TUCCI, 2005).

Quanto à discretização dos fenômenos ao longo do tempo, os sistemas podem ser classificados como *contínuos* ou *discretos*. Em geral, os modelos hidrológicos apresentam discretização a um passo de tempo (intervalo) que é inversamente proporcional ao custo da modelagem. Ou seja, quanto menor o intervalo de discretização (maior precisão) maior serão os custos de monitoramento das variáveis no ambiente, processamento e armazenamento dos dados de saída do modelo.

O desenvolvimento de um modelo que trabalhe com variáveis hidrológicas se trata de uma tarefa extremamente difícil, já que estas apresentam cinco fontes de variação (aleatoriedade, variáveis no tempo e nas três dimensões do espaço). Contudo, algumas fontes de variação

podem ser simplificadas para propósitos práticos. Um modelo prático geralmente considera uma ou duas fontes de variação, e para realizar estas simplificações deve-se considerar três condições (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988):

- i. se as variáveis do modelo são aleatórias;
- ii. se elas variam no espaço ou são uniformes; e
- iii. se variam no tempo ou são constantes.

Os processos hidrológicos podem ser classificados em função de sua aleatoriedade, sendo *determinísticos* os processos que resultam de aplicação direta das leis da Física, Química ou Biologia, sendo raríssima sua ocorrência em hidrologia. Isto se deve à grande aleatoriedade dos processos hidrológicos associada ao limitado conhecimento humano sobre tais processos e pelas restrições práticas associadas ao monitoramento preciso. Quando os processos são governados pela lei das probabilidades, estes são classificados como *estocásticos* (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Quase todos os processos hidrológicos apresentam componentes aleatórias que se sobrepõem às regularidades explicitáveis pelas leis das ciências naturais, sendo portanto considerados processos estocásticos. Dentre eles pode-se citar a precipitação, o escoamento superficial e sub-superficial, a evapotranspiração e a infiltração (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Contudo, para sistemas com pouca aleatoriedade pode-se aplicar modelos determinísticos por serem de mais fácil operação e interpretação. Para Chow, Maidment e Mays (1988), isto ocorre quando a variabilidade da resposta do modelo é pequena quando comparada à variabilidade resultante de outros fatores conhecidos. Caso a variação aleatória da saída do modelo seja grande, resultando em valores muito diferentes dos valores reais observados, torna-se mais apropriada a utilização de um modelo estocástico.

Os fenômenos hidrológicos variam nas três dimensões do espaço, contudo um modelo que consiga retratar tal variação seria extremamente complicado em termos práticos. Um modelo pode ignorar as variações espaciais do sistema, considerando este como um ponto no espaço ou que os eventos ocorrem de forma espacialmente homogênea. Desta forma, um modelo determinístico é dito *concentrado* quando este independe das variações espaciais. Por exemplo,

modelos concentrados consideram a precipitação de forma homogênea sobre a bacia. No caso das variáveis e parâmetros do modelo dependerem do espaço e do tempo, o modelo determinístico é dito *distribuído* (TUCCI, 2005; CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988).

A FIGURA 3.1 esquematiza a classificação dos modelos hidrológicos conforme a aleatoriedade, a variação espacial e a variação temporal dos fenômenos a serem representados.

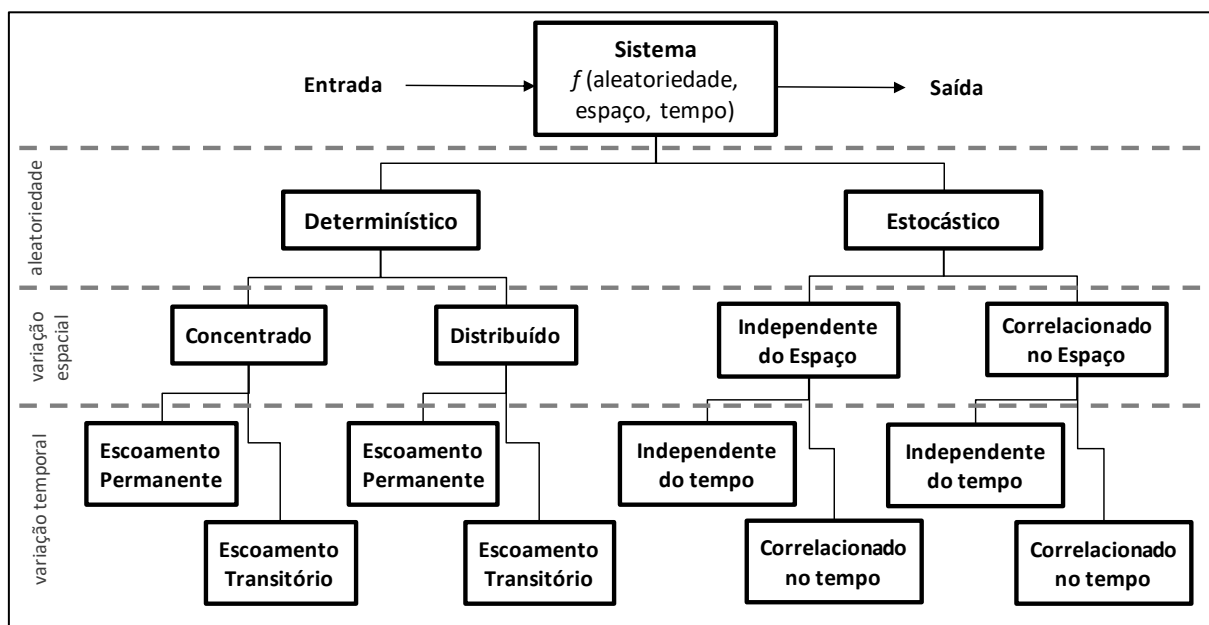


FIGURA 3.1: Classificação dos modelos hidrológicos conforme aleatoriedade, variação espacial e variação temporal dos fenômenos representados. Fonte: adaptado de Chow, Maidment e Mays (1988)

Quanto à variação temporal, um modelo determinístico pode ser de *escoamento permanente*, caso o escoamento não varie em função do tempo, ou pode ser de *escoamento transitório*, quando o escoamento varia em função do tempo. No caso de modelos estocásticos, todos estes resultam em saídas variáveis no tempo. A diferença está na relação de dependência entre os eventos que se sucedem. Caso uma saída do modelo seja totalmente independente de uma saída anterior, trata-se de um modelo estocástico *independente do tempo*. Quando uma saída do modelo é parcialmente dependente de uma saída anterior, trata-se de um modelo estocástico *correlacionado no tempo* (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988)

Das oito combinações possíveis de classes de modelos apresentadas na figura 3.1, o modelo determinístico concentrado de escoamento permanente é o mais simples por não considerar nenhuma fonte de variação. Por outro lado, o modelo estocástico correlacionado no espaço e

no tempo é o mais complexo, por considerar no mínimo três fontes de variação (aleatoriedade, tempo e ao menos uma dimensão espacial).

3.1.2 Calibração de parâmetros e validação de modelos

A calibração dos parâmetros consiste na fase de estimação dos mesmos, quando utiliza-se determinada série de dados de entrada para simulação de uma série de dados hidrológicos (saída). Esta série de dados simulados é comparada com dados observados para o mesmo período, obtidos através de monitoramentos e medições (MORIASI *et al.*, 2007). Assim, os parâmetros devem resultar na melhor aproximação entre a simulação realizada pelo modelo e os dados de saída observados. Esta aproximação pode ser otimizada através de uma função objetivo (ou função de otimização de parâmetros). Para Andréassian *et al.* (2012), a calibração pode ser vista como uma tarefa de (i) ordenação de potenciais conjuntos de parâmetros, realizada através de um método, e (ii) escolha do conjunto de parâmetros que melhor representa o fenômeno hidrológico para diversas situações, conforme apontado por uma função objetivo definida.

O método de busca dos conjuntos de parâmetros pode ser realizado manualmente (calibração manual) ou através da programação de algoritmos de busca (calibração automática). Durante as três últimas décadas, as técnicas de calibração automática têm sido desenvolvidas e aperfeiçoadas significativamente, incluindo associações com análises de sensibilidade e de incertezas. Se por um lado a calibração automática economiza tempo e esforços durante a sua execução, por outro lado pode resultar na seleção de um conjunto de parâmetros que não represente as características reais da bacia (DAGGUPATI *et al.*, 2015).

Quanto maior o número de parâmetros a serem calibrados, maiores serão as combinações possíveis de valores e mais complexa será a busca por um conjunto de parâmetros que represente o fenômeno. Os métodos de busca consistem na avaliação inicial de um conjunto de parâmetros conforme uma função objetivo e um critério de parada definidos.

Caso o conjunto de parâmetros não atenda ao critério de parada, um novo conjunto de parâmetros é analisado, sendo assim realizada uma nova rodada de avaliação. Diversas são as possibilidades de variação dos valores dos parâmetros para formação de um novo conjunto. A

medida que um conjunto de parâmetros (C_1) apresenta um melhor valor da função critério com relação a outro conjunto (C_0), segue-se no mesmo sentido de variação dos valores de C_0 para C_1 . Caso contrário, procede-se com as variações no sentido contrário. A fase de calibração se encerra ao se atingir o critério de parada.

Há diferentes tipos de funções objetivo, variando desde funções que priorizam os ajustes para valores menores ou maiores de uma determinada variável hidrológica, funções que não priorizam diferentes magnitudes, até funções que consideram os resíduos percentuais entre os valores simulados e observados. Uma das funções objetivo mais utilizadas é o critério de eficiência de Nash e Sutcliffe (1970), conforme Equação 3.1:

Equação 3.1

$$NS(\%) = 100 \cdot \left\{ 1 - \frac{\sum_{t=1}^N [Q_t^{obs} - Q_t^{calc}]^2}{\sum_{t=1}^N [Q_t^{obs} - \bar{Q}^{obs}]^2} \right\}$$

sendo Q^{calc} a variável hidrológica simulada (calculada), Q^{obs} a variável hidrológica observada, \bar{Q}^{obs} a média da variável hidrológica observada e t o respectivo passo de tempo (horário, diário, mensal, etc.).

O valor de NS pode variar de $-\infty$ a 100% (inclusive), sendo que 100% é o valor ótimo. Assim, valores entre 0 e 100% sugerem alguma correlação entre a série de vazões simuladas e a série de vazões observadas. Contudo, valores muito distantes de 100% não necessariamente representam níveis aceitáveis de desempenho. Já valores negativos indicariam total ausência de correlação entre as vazões simuladas e observadas.

Após a calibração do modelo, procede-se com a fase de validação. Esta pode ser resumida como a verificação dos resultados da simulação do modelo já calibrado (ou seja, com os parâmetros estimados), em comparação com valores observados para o mesmo período. A fase de validação busca avaliar se o modelo representa, com precisão, o comportamento hidrológico da bacia para um período distinto daquele utilizado na calibração (DAGGUPATI *et al.*, 2015).

A principal diferença entre as fases de calibração e validação é que, na primeira, os dados observados são utilizados para determinar os parâmetros, enquanto que na segunda estes são utilizados apenas para quantificar o desempenho do modelo calibrado para situações diferentes do período de calibração.

Proposta por Klemeš (1986), o método de divisão de séries temporais, ou *split-sample*, é a forma mais comum de se determinar os períodos de calibração e validação. Neste método, as séries de dados devem ser divididas em dois segmentos, sendo um deles usado para a calibração e o outro para a validação. Este tipo de divisão é recomendado para séries de um mesmo posto de observação. Caso as séries sejam suficientemente longas a ponto de permitir uma calibração satisfatória, estas devem ser divididas em duas partes iguais, sendo uma utilizada para a calibração e a outra para a validação. Se os resultados de ambas as fases forem semelhantes e os erros aceitáveis, pode-se julgar o modelo como aceitável.

Na hipótese de as séries disponíveis não serem suficientemente longas para uma divisão do tipo 50/50, estas devem ser divididas de forma a garantir que o segmento de calibração seja longo o suficiente para uma calibração satisfatória, e que o restante das séries seja utilizado na validação. Para o autor, a separação pode ser feita de duas maneiras diferentes: os primeiros 70% do registro existente utilizado na calibração e os 30% restantes utilizado para a validação; ou o contrário, sendo os últimos 70% utilizados para a calibração e os primeiros 30% para a validação. Para Daggupati *et al.* (2015), esta proporção entre o período de calibração e o de validação pode variar conforme os objetivos da modelagem e discernimento do profissional que realizará as simulações.

Em casos de séries com extensões insuficientes para utilização do método *split-sample* ou quando não há dados de observação (a bacia simulada não é monitorada), pode-se aplicar o método de aproximação espacial, ou *proxy basin*. O método consiste na calibração de uma determinada bacia (A) e na validação utilizando-se dados de uma outra bacia (B), com características semelhantes e localizada na mesma região. Depois, o procedimento é realizado inversamente, sendo o modelo calibrado com a bacia B e validado com a bacia A, resultando então em dois conjuntos de parâmetros, sendo um deles escolhido para a simulação da bacia A (KLEMEŠ, 1986).

3.1.3 Incertezas dos resultados dos modelos

Segundo Tucci (2005), os modelos apresentam incertezas em seus resultados que podem estar associados:

- i. à aleatoriedade dos dados de entrada e também dos dados de saída (estes utilizados durante a calibração);
- ii. à estrutura do próprio modelo, que apresenta limitações quanto à representação do sistema real; e
- iii. às incertezas na estimativa dos parâmetros, durante a fase de calibração.

Considerando que um modelo hidrológico tenta estimar a resposta de uma bacia hidrográfica, como a vazão observada Q_{obs} , assumindo-se um valor de erro associado a esta estimativa, então:

Equação 3.2
$$Q_{obs}(t) = Q_s(t, x_i) + e_t$$

onde Q_s é a vazão simulada, em função do tempo t e dos parâmetros x_i , para $i = 1, \dots, n$, e e_t é o erro do valor estimado em relação ao valor observado.

Tendo em vista as incertezas dos dados de entrada, da estrutura do modelo e dos próprios parâmetros, estes últimos podem apresentar forte interdependência com relação aos erros de resposta do modelo. Assim, alterações nos parâmetros podem compensar as incertezas inseridas no processo, reduzindo-se os erros da modelagem (TUCCI, 2005).

As incertezas relacionadas aos dados de entrada do modelo têm origem ou na variabilidade natural do fenômeno ou na própria medição do dado (seja pela limitação do método ou por erro de apontamento). Em modelos dos tipo chuva-vazão, os principais dados de entrada são precipitação e evapotranspiração. Quanto à precipitação, esta apresenta maior variação espacial e temporal que a evapotranspiração, portanto necessitando de um maior número de postos de monitoramento com maior resolução temporal a fim de se minimizar as incertezas. Já a evapotranspiração apresenta incertezas associadas às equações que a definem, à quantidades de dados meteorológicos necessários para sua determinação e quanto aos métodos de quantificação, a exemplo dos tanques evaporimétricos que na verdade medem a evaporação. Além de tudo isto, há que se levar em conta a representatividade dos dados utilizados e uma boa compreensão do modelo e do sistema modelado (TUCCI, 2005).

Para Andréassian *et al.* (2012), duas razões podem explicar por que alguns conjuntos de parâmetros, embora apresentem bons resultados na fase de calibração, não resultam em bom desempenho durante a validação, gerando assim grandes incertezas. Estas duas razões seriam

o erro de calibração (*miscalibration*) e o excesso de calibração (*overcalibration*). O erro de calibração ocorreria por falha do algoritmo de busca, o qual não teria localizado o valor ótimo global da função objetivo, mas sim um ótimo local. Os gráficos das funções objetivo podem apresentar mais de um pico ou vale, o que resultaria em máximos e mínimos locais e globais.

Já o erro por *overcalibration* seria a real identificação do valor ótimo da função objetivo durante a calibração, contudo este valor não se apresenta como o ótimo para outros períodos de avaliação. O erro de *overcalibration* pode apresentar várias razões, como a presença de ruídos nas séries de dados observados, a baixa representatividade das séries utilizadas para calibração (não abrangendo toda a gama de eventos passíveis de ocorrência) e erros ou especificidades relacionadas à estrutura do modelo. Algumas das formas de correção ou mitigação dos erros seriam:

- (i) escolha de outra função objetivo, desde que a mesma seja compatível com os objetivos da modelagem;
- (ii) substituição da estimativa de um valor ótimo pela estimativa de uma distribuição estatística para o valor ótimo; e
- (iii) avaliação da estrutura do modelo e até mesmo a substituição por outro modelo hidrológico.

Song *et al.* (2015) apontam para a necessidade de se avaliar a confiança de uma modelagem, a qual pode ser realizada através da análise de incerteza (AI) e da análise de sensibilidade (AS) do modelo. A AI pode ser considerada como um procedimento de quantificação das incertezas dos resultados (saídas) do modelo. Já a AS é a avaliação da contribuição individual de cada parâmetro (ou dados de entrada) nas incertezas dos resultados.

Para Loucks e van Beek (2005), o gerenciamento de recursos hídricos deve identificar as incertezas e sensibilidades dos sistemas de modelagem utilizados, procedendo com a redução destas (sempre que possível) e, por fim, informando de forma clara sobre as incertezas residuais ainda presentes nos dados de saída do modelo. Desta forma, os utilizadores destas informações poderão tomar suas decisões com conhecimento e compreensão considerando-se as incertezas existentes.

3.2 Análise de sensibilidade e incerteza dos modelos

Em modelagem, os termos sensibilidade e incerteza podem ser confundidos como sinônimos, contudo apresentam significados bem distintos. A análise de incertezas tem como objetivo descrever todas as possíveis respostas do modelo considerando suas respectivas probabilidades de ocorrência, envolvendo a identificação das distribuições de probabilidade das variáveis de entrada e saída do modelo.

De acordo com Loucks e van Beek (2005), uma análise de incerteza toma um conjunto de valores de entrada escolhidos aleatoriamente (que podem incluir valores de parâmetros), passa através de um modelo (ou função de transferência) para se obter as distribuições (ou medidas estatísticas das distribuições) das saídas resultantes. As distribuições de saída podem ser usadas para (i) descrever a faixa de saídas potenciais do sistema em algum nível de probabilidade e (ii) estimar a probabilidade de que o resultado exceda (ou não) um limiar específico ou determinado valor de interesse. Conforme os autores, as análises de incerteza são comumente usadas para:

- estimar a média e o desvio padrão dos dados de saída;
- estimar a probabilidade de uma medida de desempenho exceder um limiar específico;
- atribuir um intervalo de confiança a uma série de dados de saída com uma certa probabilidade;
- descrever a probabilidade de diferentes saídas potenciais do modelo; e
- estimar os impactos relativos às incertezas da variável de entrada nos dados de saída do modelo.

Na análise de incerteza, supõe-se que as distribuições estatísticas para os valores de entrada estão corretas e que o modelo representa suficientemente bem os processos que ocorrem no sistema estudado. Portanto, dados de entrada aleatórios produzirão dados de saída também aleatórios. Contudo, há de se considerar a possibilidade de que nenhuma dessas suposições esteja completamente correta.

Já a análise de sensibilidade busca determinar o quanto sutis alterações nos dados de entrada podem resultar em alterações nos dados de saída do modelo. Este tipo de análise pode focar em

dois produtos principais: (i) resultados que possam conduzir ao desenvolvimento do modelo e aprimoramento do seu respectivo desempenho; e (ii) descrição das incertezas associadas às premissas assumidas no modelo, assim impactando na política de tomada de decisão, podendo resultar em decisões mais conservadoras ou não, conforme as margens de incerteza existentes.

Para Loucks e van Beek (2005), é possível utilizar o mesmo conjunto de dados de um modelo (entradas e saídas) para realizar análises de incerteza e análises de sensibilidade. Neste caso, a análise de sensibilidade do modelo poderia ser utilizada como parte de uma análise de incerteza de primeira ordem. A metodologia utilizada, conforme indicado pelos autores, é apresentada no item 4.2.6.

3.3 Modelo hidrológico GR2M

Tendo em vista que a escassez de dados hidrológicos é um fator limitante do estudo hidrológico, cria-se a necessidade de modelos simplificados de poucas variáveis e parâmetros. O GR2M é um modelo hidrológico do tipo chuva-vazão mensal, com dois parâmetros, concentrado e determinístico, pertencente à família de modelos GR (*Génie Rural*, engenharia rural em francês) desenvolvidos por pesquisadores do antigo Centre d'etude du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts (Cemagref), na França, que deu origem ao atual Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture – IRSTEA (França).

Os modelos hidrológicos da família GR começaram a ser desenvolvidos no início da década de 1980. Os primeiros testes com um modelo de passo mensal foram realizados por Rifaat (1980). Edijatno (1989) concebeu um modelo diário de três parâmetros, denominado GR3. Logo em seguida, buscando um modelo chuva-vazão capaz de simular a hidrologia do norte da Argélia, Kabouya (1990) desenvolveu um robusto modelo conceitual de três parâmetros com passo de tempo mensal. Makhoulf (1994) também trabalhou em um modelo de passo mensal, concebendo um modelo de balanço hídrico mensal de dois parâmetros (MAKHLOUF; MICHEL, 1994), denominado GR2M.

Paralelamente, modelos de passos diários e horários da família GR eram desenvolvidos, como Nascimento (1995) que chegou à concepção do GR4J, modelo diário de quatro parâmetros. Em

seguida, Edijatno *et al.* (1999), desenvolveram um modelo empírico parcimonioso diário de três parâmetros, o qual apresentou bons resultados em testes realizados em 140 bacias francesas, superando um modelo linear de 16 parâmetros.

Mouelhi *et al.* (2006) compararam o GR2M com outros oito modelos, variando de zero a cinco parâmetros, e este apresentou o melhor desempenho, conforme disposto na TABELA 3.1. Nesta comparação, utilizou-se uma amostra de 410 bacias localizadas em quatro continentes, estando sua maioria situada na França e as demais nos Estados Unidos da América, Austrália, na Costa do Marfim e no Brasil. Esta amostra apresentou grande variedade de áreas (1 - 50.600 km²), clima (desde temperado até semi-árido e tropical úmido), potencial anual médio de evapotranspiração (630 - 2.040 mm), precipitação anual média (300 - 2.300 mm) e vazão anual média (10 - 2040 mm). A média temporal das séries foi de 15 anos. Para o modelo GR2M, obteve-se um coeficiente NS médio de 64,2%.

O GR2M tem sido utilizado como uma ferramenta muito útil em estudos hidrológicos, havendo um considerável número de publicações científicas que contemplam a utilização do modelo em seus métodos. Niel, Paturel e Servat (2003) simularam o escoamento de 17 bacias da África Central e Ocidental com a finalidade de caracterizar as principais características de seus comportamentos hidrológicos. Foram realizadas várias calibrações e validações para diferentes períodos, resultando em coeficientes de eficiência *NS* de 66% a 93% para as calibrações e de 32% a 95% para as validações.

TABELA 3.1: Desempenho do modelo GR2M em comparação a outros modelos (melhor: 100%)

Modelo	n° de parâmetros	média do critério de Nash (%)
Ol'dekop (1911)	0	-149,0
Ol'dekop (1911) com um parâmetro multiplicador de chuva	1	-17,0
MOSAZ (Jayasuriya et al., 1991)	2	-33,6
GR2M	2	64,2
Guo et al. (2002)	2	27,8
Vandewiele et al. (1992) com relações lineares	3	32,5
Thorntwaite and Mather (Arnell, 1992)	3	35,1
<i>abcd</i> (Alley, 1985)	4	-171,7
<i>abcd</i> (Alley, 1985) com um parâmetro multiplicador de chuva	5	-0,3

Fonte: adaptado de Mouelhi *et al.* (2006)

Huard e Mailhot (2008), com o objetivo de estudar a influência das incertezas e suas consequências na calibração de modelos, utilizaram análise bayesiana para calibrar o GR2M, considerando-se as incertezas de entrada, saída, inerentes à estrutura e às condições iniciais do GR2M através de modelos de erro.

Kouassi *et al.* (2012) utilizaram o GR2M para identificar as tendências da relação chuva-vazão na bacia de N’zi, na Costa do Marfim, obtendo-se valores de *NS* entre 83,4% e 89,2% nas fases de calibração e entre 66,6% e 81,8% nas fases de validação.

Para avaliar os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a vazão, mais especificamente mudanças de temperatura e precipitação, Okkan e Fistikoglu (2013) utilizaram o GR2M para simulação da vazão em uma bacia da região Egeu da Turquia. Os autores obtiveram coeficientes *NS* iguais a 84,27% para a calibração e 93,51% para a validação.

3.3.1 Módulo de Produção

A estrutura do modelo é esquematizada na FIGURA 3.2. Inicialmente, o módulo de produção considera que parte do volume precipitado (P) é absorvido (infiltração) pelo reservatório de água contida no solo (com volume inicial S), sendo que a outra parte (P_I) é conduzido ao reservatório de água gravitacional. Assim, o reservatório de água no solo passa a assumir um novo volume, S_I , calculado da seguinte forma:

$$\text{Equação 3.3} \quad S_1 = \frac{S + X_1 \varphi}{1 + \varphi \frac{S}{X_1}} \quad \text{sendo} \quad \varphi = \tanh\left(\frac{P}{X_1}\right)$$

onde X_I é a capacidade máxima do reservatório de água do solo, sendo positiva e expressa em milímetros. Pelo princípio da continuidade, e assumindo-se não haver perdas, o volume de água não infiltrada (P_I) deve ser igual à precipitação somada à variação do volume armazenado em S , ou seja:

$$\text{Equação 3.4} \quad P = P_I + (S_1 - S)$$

então

$$\text{Equação 3.5} \quad P_I = P + S - S_1$$

Em seguida, o reservatório de água do solo S_1 é afetado pela evapotranspiração (E), tendo seu volume reduzido a S_2 , o qual é calculado como segue:

Equação 3.6
$$S_2 = \frac{S_1(1-\psi)}{1+\psi\left(1-\frac{S_1}{X_1}\right)}$$
 sendo
$$\psi = \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)$$

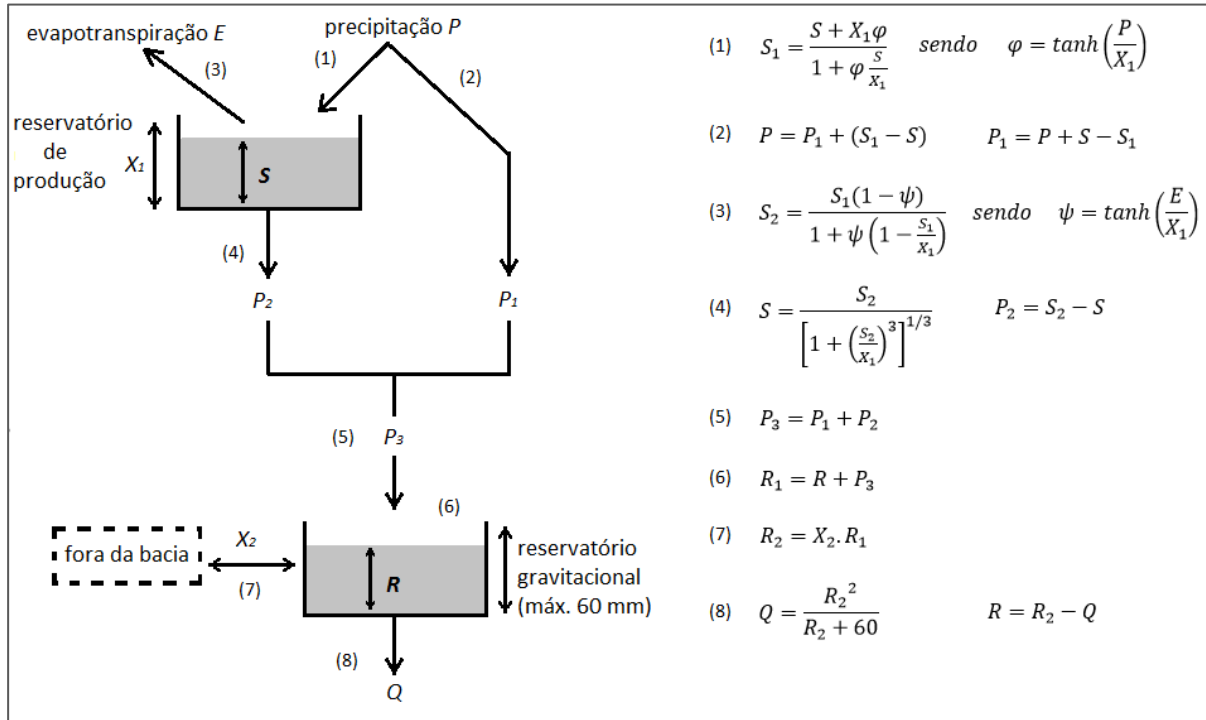


FIGURA 3.2: Estrutura do modelo GR2M. Fonte: Mouelhi *et al.* (2006)

Parte deste novo volume S_2 percolará e se somará ao escoamento P_1 . O volume remanescente se converterá no volume inicial do reservatório solo (S) do próximo período de análise, sendo calculado como:

Equação 3.7
$$S = \frac{S_2}{\left[1 + \left(\frac{S_2}{X_1}\right)^3\right]^{1/3}}$$

Finalizando o módulo de produção, o volume percolado P_2 será igual à diferença entre S_2 e S :

Equação 3.8
$$P_2 = S_2 - S$$

3.3.2 Módulo de Transferência

O módulo de transferência do modelo inicia-se com o escoamento P_3 , o qual ingressa no reservatório de água gravitacional, dado pela soma:

$$\text{Equação 3.9} \quad P_3 = P_1 + P_2$$

Considerando que o reservatório de água gravitacional (água superficial; camada não saturada do solo) apresentava volume inicial R , seu novo volume R_1 será:

$$\text{Equação 3.10} \quad R_1 = R + P_3$$

Em seguida, R_1 sofre alterações por trocas de volumes entre bacias a nível subsuperficiais, resultando no volume R_2 :

$$\text{Equação 3.11} \quad R_2 = X_2 \cdot R_1$$

onde X_2 é o fator de correção do volume do reservatório R_1 . Por fim, a vazão de saída Q é dada pela função quadrática:

$$\text{Equação 3.12} \quad Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60}$$

Para o próximo período de análise, o novo volume inicial R do reservatório de água gravitacional será determinado por:

$$\text{Equação 3.13} \quad R = R_2 - Q$$

3.4 Previsão hidrológica

A previsão hidrológica é uma ferramenta essencial para a gestão e planejamento dos recursos hídricos, operação de equipamentos hidráulicos e gestão de eventos críticos, como secas e cheias. Os principais setores usuários das informações fornecidas pela previsão hidrológica são os serviços de defesa civil, os meios de comunicação, a agricultura, a indústria, operadores de hidrelétricas, gestores de eventos críticos e serviços de abastecimento público (WMO, 2009).

Tucci (2005) compreende a previsão como a simulação do modelo (calibrado e validado) para representar saídas do sistema em situação desconhecida, ou seja, produzir prognósticos ou previsões para situações futuras ou hipotéticas.

Chow, Maidment e Mays (1988) consideram que modelos determinísticos realizam previsões, enquanto que modelos estocásticos realizam previsões. Entende-se por previsão a projeção de dados conhecidos (passados ou presentes) no futuro, enquanto que previsão seria uma estimativa do que se espera no futuro sem referência a um espaço de tempo.

De acordo com a WMO (2009), as previsões hidrológicas podem ser categorizadas de acordo com a antecedência que se prevê um determinado fenômeno:

- i. Previsão de Curto Termo: previsão de fenômenos com antecedência de até 2 dias;
- ii. Previsão de Médio Termo: previsão de fenômenos com antecedência de 2 a 10 dias;
- iii. Previsão de Longo Termo: previsão de fenômenos com antecedência superior a 10 dias.

No caso das previsões de longo termo com antecedência de alguns meses ou uma estação do ano, é comum classificá-las também como previsão sazonal (TIMOTTI, 2003). As previsões de curto e médio termo são frequentemente aplicadas em operações de equipamentos hidráulicos, na navegação, na operação de reservatórios de hidrelétricas, na disponibilidade hídrica para irrigação e em sistemas de alerta de eventos críticos. Já a previsão de longo termo é normalmente empregada no planejamento operacional de reservatórios e do mercado de energia, estimativas da produção agrícola e disponibilidade hídrica para o abastecimento (TUCCI, 2005).

A previsão se dá para um ou mais intervalos de tempo no futuro. Segundo Barros (2004), a dimensão destes intervalos é denominada como janela de previsão, ou seja, é o intervalo de tempo para o qual a previsão foi realizada. Já a antecedência com a qual se realiza a previsão é denominada horizonte de previsão, ou seja, é o período de tempo entre a data em que se realiza a previsão (presente) e o início da janela de previsão.

Além dos horizontes e janelas de previsão, há também a frequência com que estas são realizadas, ou seja, o intervalo de tempo para emissão de novos dados de previsão (BRAVO, COLLISCHONN e TUCCI, 2008; FRANZ *et al.*; 2003).

O tipo dos dados hidrológicos, o tipo de previsão gerada e os produtos gerados por esta dependerão da finalidade da previsão, ou seja, para qual setor usuário ela está sendo empregada. Isto determinará, por exemplo, se as informações produzidas devem conter maior ou menor nível de detalhamento, ou se devem ser emitidas urgentemente ou não. (WMO, 2009).

Pode-se também classificar os métodos de previsão em dois grupos, determinísticos e probabilísticos, considerando o tipo de informação produzida. As técnicas clássicas de previsão são determinísticas e resultam em previsões dadas por um simples valor, sem uma probabilidade de acerto deste valor. Este tipo de previsão visa a informação mais simples e precisa possível, contudo previsões determinísticas de longo termo podem gerar valores completamente enganosos. Já os métodos probabilísticos consideram a distribuição de probabilidades de um evento futuro (WMO, 1982).

Além da qualidade da informação gerada, esta deve ser à tomada de decisão. Ou seja, por mais perfeita que seja uma previsão, esta só atenderá sua finalidade se conseguir agregar informação e caso seja possível a tomada de decisão com a informação gerada (WMO, 2009). Portanto, deve-se assegurar a correta utilização da informação, visando assim o aperfeiçoamento dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos.

3.4.1 Previsão hidrológica de longo termo para sistemas de abastecimento de água

De acordo com Tucci (2005), previsões hidrológicas de longo termo constituem uma área da hidrologia em franco desenvolvimento, tendo em vista o avanço significativo da qualidade de resultados dos modelos climáticos, a maior qualidade e disponibilidade de dados de monitoramento e outros avanços nas áreas da meteorologia, climatologia e da própria hidrologia. Há algumas décadas, a previsão de longo termo se resumia à previsão de vazões utilizando-se apenas as características sazonais das bacias; recentemente, nas duas primeiras décadas do século XXI, as previsões de longo termo apresentam resultados promissores tanto para vazão quanto para a precipitação.

Para Franz *et al.* (2003), previsões de abastecimento de água são importantes ferramentas de auxílio à tomada de uma grande variedade de decisões, como alocação de água para usos urbanos e agrícolas e operações de reservatórios. Para tais finalidades, as previsões geralmente

são de longo termo, ou seja, são realizadas para volumes totais anuais, sazonais ou mensais, a depender da demanda e da capacidade de armazenamento de sistema de abastecimento. Nestes casos, modelos com estruturas simples podem produzir resultados satisfatórios (WMO, 2009).

A soma dos volumes escoados durante a janela de previsão pode gerar valores muito elevados para se processar, da ordem de hectômetros cúbicos (igual a 10^6 m^3), sendo muitas vezes preferível a conversão para m^3/s , resultando assim na vazão média durante o período de previsão. Desta forma, possibilita-se uma melhor e mais rápida assimilação da informação por parte dos operadores do sistema.

Para o caso de abastecimento, a WMO (1982, 2009) indica três técnicas através das quais é possível realizar previsões hidrológicas: (i) modelos de regressão, (ii) modelos conceituais e (iii) análise de séries temporais.

A primeira técnica utiliza relações empíricas simples entre o escoamento futuro e as variáveis que influenciam esse escoamento. Modelos de regressão são empregados principalmente em situações onde o escoamento por degelo é predominante na determinação do regime de vazões. Neste caso, normalmente a previsão se dá através de regressão entre o volume de gelo armazenado e o escoamento sazonal. O volume de gelo armazenado na bacia é estimado através de diversas técnicas, incluindo o emprego de tecnologias de sensoriamento remoto. Este método gera previsões sazonais para o volume total escoado, não descrevendo a variação do escoamento em função do tempo (WMO, 1982, 2009).

Os modelos conceituais estabelecem relações empíricas entre o escoamento futuro e as variáveis mais relacionadas com a vazão do ponto de vista físico, podendo abranger parcialmente ou integralmente o ciclo hidrológico (WMO, 1982). Estes métodos têm a vantagem de permitir a incorporação de dados referentes às condições iniciais da bacia hidrográfica quando do início da previsão.

Os modelos conceituais são utilizados também na previsão hidrológica através da geração de vários cenários igualmente possíveis de ocorrerem. Estes cenários são produzidos a partir de diferentes séries históricas de dados de entrada do modelo. Com base no conjunto de cenários resultantes, pode-se calcular as probabilidades de excedência de determinados valores de interesse. Este tipo de técnica será abordado com maior detalhe na seção 3.4.3, que trata do método ESP de previsão por conjunto.

A terceira técnica é a análise de séries temporais. A série temporal é a realização de um processo estocástico, caracterizada como um conjunto de observações ordenadas no tempo, as quais apresentam dependência serial, ou seja, dependência entre os intervalos de tempo. O objetivo principal desta técnica é a identificação de padrões não aleatórios na série temporal de uma determinada variável de interesse. Conforme o modelo clássico de séries temporais, estas são compostas por quatro padrões: tendência, ciclo, sazonalidade e variações irregulares. Assim, pode-se compreender o mecanismo gerador da série (ocorrido no passado), o que permite prever seu comportamento no futuro (MORETTIN; TOLOI, 1987).

3.4.2 Incertezas associadas à previsão hidrológica

A previsão de vazões através de modelos chuva-vazão demanda dados de entrada climáticos e/ou meteorológicos (como chuva e evapotranspiração). Tais modelos também necessitam de dados de entrada muitas vezes gerados por modelos de previsão atmosférica. Para a WMO (2009), toda previsão hidrológica apresenta incertezas originadas desde os dados meteorológicos. Segundo Wilks (2006), modelos meteorológicos são incapazes de prever o comportamento atmosférico livres de incertezas tendo em vista dois principais motivos:

- i. mesmo que eles apresentem ótimo desempenho e boas aproximações da realidade, ainda assim não são representações completas e verdadeiras da física responsável pela dinâmica atmosférica; por exemplo, há processos físicos relevantes que operam em escalas muito pequenas e que não são considerados ou são aproximados para escalas maiores; e
- ii. um sistema dinâmico não-linear (como a atmosfera) depende sensivelmente de suas condições iniciais e, considerando que a atmosfera é sempre incompletamente observada, não é possível iniciar um modelo matemático atmosférico exatamente no mesmo estado que o sistema real.

Lorenz (1963, *apud* CALLADO *et al.*, 2013) demonstrou que pequenas diferenças nos estados iniciais produzem um conjunto de diferentes soluções possíveis. Isto limita temporalmente a previsibilidade dos futuros estados atmosféricos, amplificando os erros de condição inicial à medida que o horizonte de previsão aumenta (WILKS, 2006).

Para Callado (2013), a abordagem determinística tradicional, com apenas uma solução preditiva para o futuro, é superada por um novo paradigma que inclui a quantificação da incerteza, assim enriquecendo a informação sobre o estado futuro da atmosfera. Além da fonte dos dados de entrada (monitoramento, previsão ou estimativa), a calibração dos parâmetros do modelo e a estrutura deste são também fontes de incertezas ou erros (WMO, 2009).

3.4.3 O método Extended Streamflow Prediction (ESP)

Através do método *Extended Streamflow Prediction* (ESP) é possível prever vazões afluentes a um reservatório baseando-se em um modelo chuva-vazão e em uma série de dados hidrometeorológicos históricos. Inicialmente, utiliza-se a série de dados históricos para calibrar e validar o modelo chuva-vazão. De posse do modelo hidrológico calibrado e validado, os dados de precipitação de cada ano da série histórica resultam em uma representação possível das vazões futuras, ou seja, uma simulação de vazões é traçada para cada ano histórico (denominada “membro”), utilizando-se as condições atuais da bacia hidrográfica como condições iniciais para cada simulação. Portanto, cada membro é condicionado aos estados atuais da bacia.

Por sua vez, a FIGURA 3.3 apresenta um gráfico formado por um conjunto de membros ESP, além de apresentar a vazão observada para tal ano e o resultado do modelo hidrológico para os dados observados no respectivo ano (vazão simulada).

O conjunto de membros resultantes pode ser analisado estatisticamente. Considerando os cenários como equiprováveis, pode-se determinar as probabilidades de excedência das vazões (através de frequência empírica ou modelo teórico de distribuição de probabilidades), assim gerando previsões probabilísticas das vazões futuras (DAY, 1985). A FIGURA 3.4 exemplifica um gráfico de probabilidades de excedência gerado pelo método ESP, onde o percentual de excedência é dado pela proporção de membros que superam uma determinada vazão.

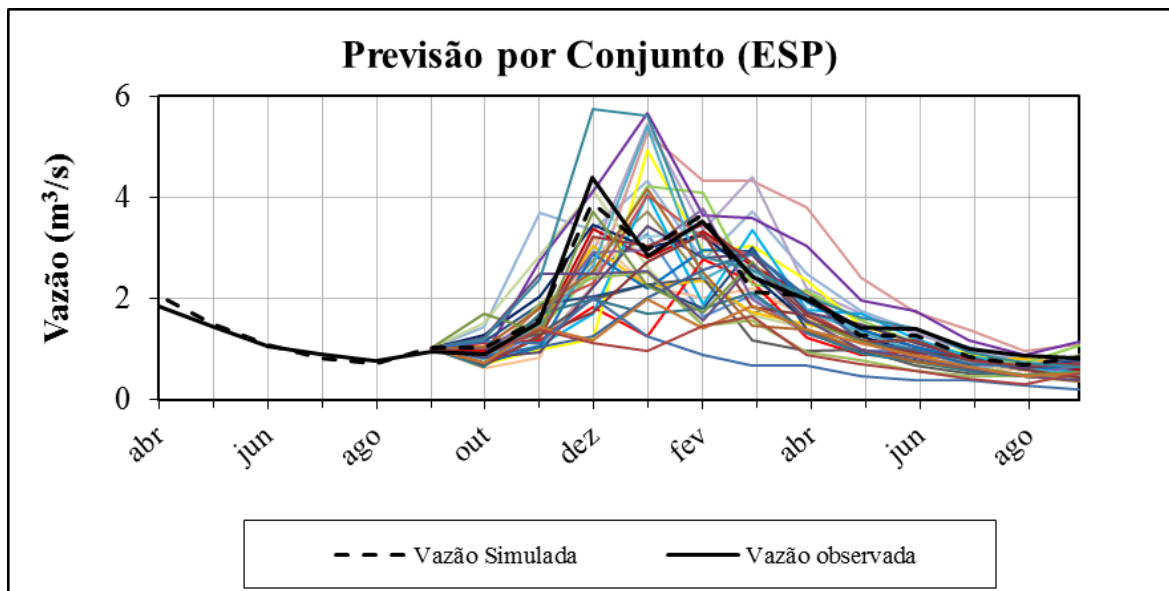


FIGURA 3.3: Exemplo de gráfico de previsão ESP, onde cada traço representa um membro (colorido)

Segundo a WMO (1982, 2009), a utilização de conjuntos é a maneira mais bem-sucedida de se tratar as incertezas da previsão. Além disto, o método ESP tem se mostrado útil durante circunstâncias hidrológicas extremas, como nos casos de anos muito secos ou muito úmidos. Nestes casos, os tradicionais métodos de regressão linear perdem sua confiabilidade uma vez que as condições iniciais excedem em muito os limites sob os quais as relações do modelo foram desenvolvidas.

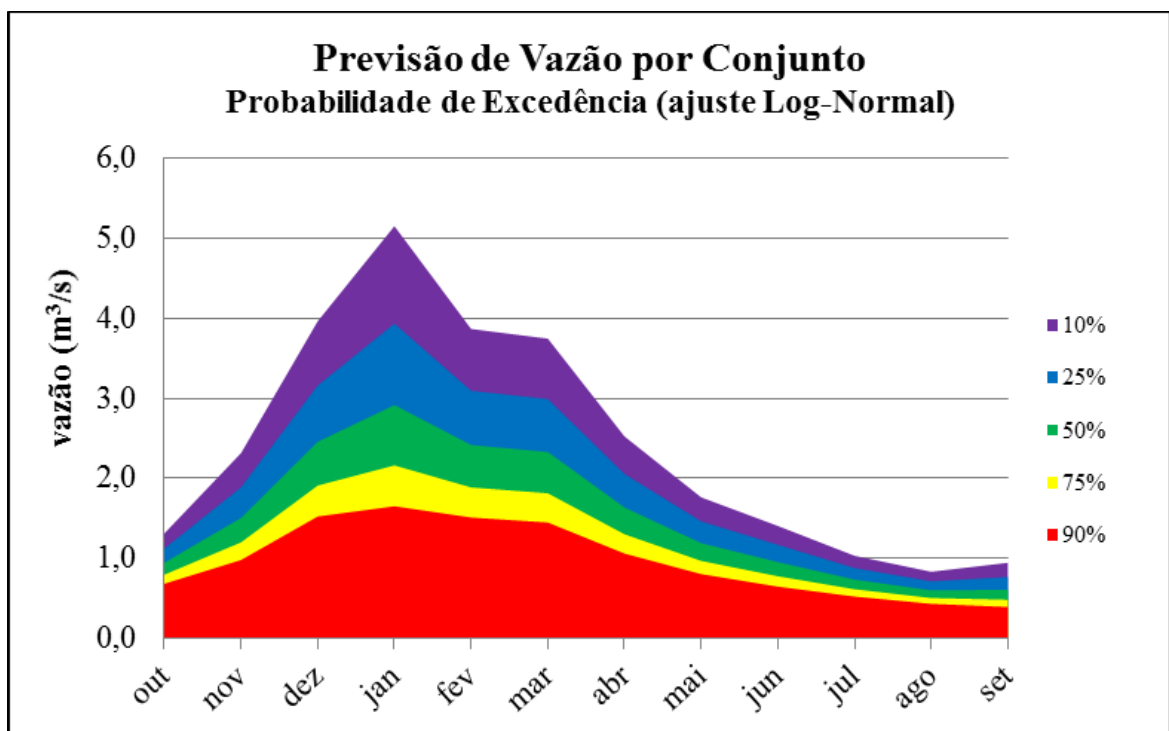


FIGURA 3.4: Exemplo de gráfico de probabilidade de excedência de vazão

Visando a redução da influência dos erros gerados pelo modelo e pela série de dados observados, deve-se garantir que as condições iniciais do modelo sejam as mesmas do dia de realização da previsão. Isto pode ser realizado através da alteração dos componentes do modelo relacionados aos volumes de armazenamento iniciais, objetivando a equiparação ou aproximação máxima da vazão simulada e da vazão observada para o dia da previsão (CROCHEMORE, 2016). Além disto, recomenda-se a atualização dos parâmetros e variáveis do modelo frequentemente (WMO, 1982).

3.4.4 Métodos de verificação da previsão

Após a definição e estruturação do modelo de previsão hidrológica, torna-se necessária a avaliação de seu desempenho e análise de suas limitações, já que sua utilidade depende, entre outros fatores, de sua acurácia e confiabilidade (LOUCKS; van BEEK, 2005). Com isto, pode-se realizar um diagnóstico sobre as eficiências e deficiências do modelo, fornecendo assim insumo crítico para futuros aprimoramentos (CROCHEMORE, 2016).

Murphy e Winkler (1987, apud Franz *et al.*, 2003) apontam para a importância da verificação das previsões, sendo possível avaliar tendências de desempenho e a qualidade da previsão, assim melhorando os métodos de previsão e agregando informação útil na utilização das previsões. Portanto, para que um sistema de previsão seja utilizado de forma clara e responsável, este deve ser submetido a um procedimento de verificação, a qual se dá pela relação entre as séries previstas e as séries observadas (WMO, 2009).

Para se avaliar os resultados obtidos por um modelo de previsão, é realizada a simulação de uma previsão em um período de tempo passado, cujos resultados são comparados com os dados observados para igual período. Ou seja, seleciona-se uma série histórica de dados observados e realiza-se a previsão para o mesmo período, a fim de que sejam comparados. No caso de uma previsão hipoteticamente perfeita, os dados previstos seriam iguais aos dados observados. Estas “previsões retrospectivas” são comumente chamadas de *hindcasts* (CROCHEMORE, 2016).

Vários métodos são comumente empregados com a finalidade de se verificar as habilidades e limitações de um sistema de previsão (WILKS, 2006), sendo que a escolha de cada um deles dependerá do tipo de previsão a ser realizada e da sua finalidade (WMO, 2009). Indicadores de

desempenho como o Erro Médio Absoluto (MAE), o Erro Médio Absoluto Relativo (RMAE), o Viés Percentual (PBIAS) e o Coeficiente de Correlação (R) são muito utilizados para avaliar previsões determinísticas (CROCHEMORE, 2016). No caso do método ESP, tais indicadores são produzidos através de medidas de tendência central, como a média ou a mediana dos membros.

O MAE (Equação 3.14) é calculado pela média das diferenças absolutas entre os valores previstos e os valores observados. Já o RMAE (Equação 3.15) é dado através da divisão do MAE pelo desvio padrão dos valores observados. Ambos avaliam a acurácia do modelo de previsão, sendo seu valor ótimo igual a zero.

Equação 3.14

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (P_n - O_n)$$

Equação 3.15

$$RMAE = \frac{MAE}{Sd}$$

Para a Equação 3.14, P é o valor previsto, O é o valor de fato observado e N é a quantidade de pares de dados observados e previstos. Já para a Equação 3.15, Sd é o desvio padrão dos valores observados.

O PBIAS mede a diferença entre a média dos valores calculados e a média dos valores observados, sendo o resultado normalizado pela média dos valores observados. O valor desejável de PBIAS é zero; valores positivos revelam uma superestimação dos valores previstos, enquanto que valores negativos demonstram uma previsão subestimada. O PBIAS é dado pela Equação 3.16:

Equação 3.16

$$PBIAS = \frac{(\bar{P} - \bar{O})}{\bar{O}}$$

onde \bar{P} é a média dos valores previstos e \bar{O} é a média dos valores observados.

O Coeficiente de Correlação (R) mede a variação conjunta entre os dados previstos e observados, sendo a razão entre a covariância da amostra e o produto dos desvios-padrões dos dados observados e previstos (FRANZ *et al.*, 2003). O valor de R pode variar de -1 até 1, onde

o -1 indica uma perfeita correlação em direções opostas, e 1 indica uma perfeita correlação na mesma direção. O valor de R pode ser obtido através da Equação 3.17:

$$\text{Equação 3.17} \quad R = \frac{\text{cov}(\mathbf{O}, \mathbf{P})}{\sqrt{\text{var}(\mathbf{O}) \cdot \text{var}(\mathbf{P})}} = \frac{\frac{\sum(\mathbf{P}_n - \bar{\mathbf{P}})(\mathbf{O}_n - \bar{\mathbf{O}})}{N - 1}}{\sqrt{\frac{\sum(\mathbf{P}_n - \bar{\mathbf{P}})^2}{N - 1} \frac{\sum(\mathbf{O}_n - \bar{\mathbf{O}})^2}{N - 1}}}$$

Quanto à verificação probabilística da previsão hidrológica, há métodos já bastante utilizados em previsões meteorológicas e climáticas (WILKS, 2006). Estes podem ser aplicados no âmbito da hidrologia, permitindo-se a avaliação de atributos como a confiabilidade, a acuidade, o desempenho global do modelo de previsão e a discriminação, que é capacidade do modelo de distinguir situações em que um evento é observado ou não (CROCHEMORE, 2016).

A confiabilidade da previsão é um atributo que trata da consistência estatística entre as probabilidades de previsão e a frequência dos valores observados. Para avaliar este atributo, utiliza-se o diagrama de confiabilidade, o qual relaciona a probabilidade de previsão com a frequência de observação de cada evento possível de ocorrer. Isto implica que uma previsão perfeita apresentaria o comportamento de uma reta 1:1 (FRANZ *et al.*, 2003; CROCHEMORE, 2016), apresentando a probabilidade da previsão igual à frequência de ocorrência. Portanto, segundo o diagrama de confiabilidade, um evento deve ser observado com a mesma frequência relativa que sua probabilidade de ocorrência prevista, considerando um grande número de pares de observações e previsões. Por exemplo, um evento com previsão de 90% de probabilidade de ocorrência deve ser observado, aproximadamente, 90% do tempo.

Para variáveis numéricas contínuas, como no caso de vazões médias, um ou mais eventos podem ser definidos usando probabilidades de excedência (ou de não excedência). No caso de previsão de vazões de estiagem, é conveniente considerar-se as probabilidades de excedência, enquanto que para previsões de cheias pode-se utilizar as probabilidades de não-excedência. Assim, as previsões são agrupadas em intervalos (classes) de probabilidade discretos e suas frequências relativas são plotadas contra a probabilidade de previsão média dentro de cada intervalo. Em outras palavras, o diagrama de confiabilidade plota as probabilidades de previsão, no eixo x, em relação às probabilidades observadas (condicionais) para um único evento de previsão, no eixo y. Cabe destacar que a precisão do diagrama e a incerteza da amostragem diminuem com o aumento do tamanho dos intervalos.

Para calcular o diagrama de confiabilidade, deve-se arbitrar um valor de probabilidade de excedência (ou não-excedência, dependendo do objetivo da previsão), denominado como l , considerando-se todos os valores resultantes de todos os membros para um determinado horizonte de previsão. Em seguida, agrupa-se as previsões em n intervalos de classes de acordo com a probabilidade de excedência (ou não-excedência), como por exemplo intervalos entre 0%-33%, 33%-66% e 66%-100%. Cada classe conterá m pares de observações e previsões. A probabilidade média de cada intervalo de classe será usada como posição de plotagem (X) no eixo das abscissas. Assim, a posição de plotagem no eixo das abscissas para cada intervalo (X_n) é dado por:

Equação 3.18

$$X_n = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \text{Prob}[Q_i > l]$$

onde Q_i é cada vazão prevista. Para cada previsão por conjunto (ou seja, para cada horizonte de previsão), é verificado o percentual de membros (p) que excederam (ou não) o limiar definido. Ao intervalo de classe que contiver o valor de p computa-se 1, para os demais 0. Este evento é denominado A . Em seguida, para os casos em que A resultou em 1, é verificado se esse intervalo abrange o valor observado para a variável, sendo-lhe computado 1 e 0 para os demais. Este evento é denominado como B . Este procedimento é repetido para todas as previsões com mesmo horizonte de previsão. Ao final, totaliza-se os eventos de A e B e obtém-se a frequência com que B ocorreu, dada a ocorrência de A (razão B/A), a resultará na no valor de plotagem do eixo das ordenadas (Y_n). Por fim, o diagrama de confiabilidade é obtido plotando-se a frequência relativa das observações (Y_n) contra a probabilidade de previsão (X_n).

A FIGURA 3.5 apresenta possíveis comportamentos dos gráficos gerados no diagrama de confiabilidade, podendo-se avaliar se as previsões apresentam excesso ou falta de confiança, ou ainda se o método de previsão resulta em valores subestimados ou superestimados.

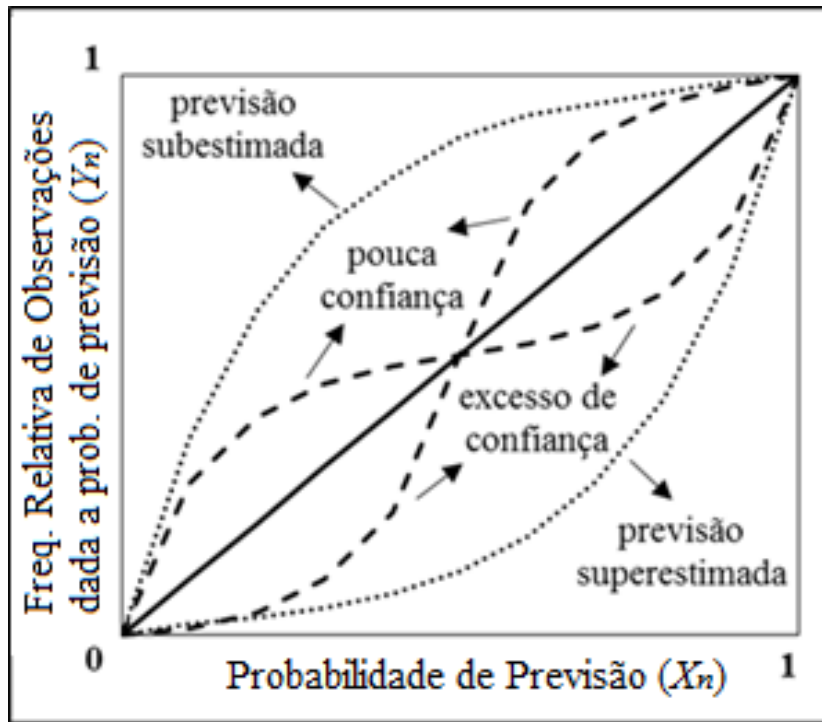


FIGURA 3.5: Possíveis formas de variação dos gráficos no diagrama de confiabilidade

O diagrama ROC (*Relative Operating Characteristics*) mede a capacidade do sistema de previsão em discriminar situações em que o evento previsto ocorre ou não. Para um dado limiar (valor de vazão a ser excedido ou não), são plotadas as probabilidades de detecção de um evento (acerto) contra a frequência de alarmes falsos.

A probabilidade de detecção de um evento, $Y(l, p)$, dado um limiar de excedência (l) e uma probabilidade de previsão (p), pode ser calculada por:

Equação 3.19
$$Y(l, p) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \{ \text{Prob}[Q_{obs} > l] | (\text{Prob}[Q_i > l] > p) \}$$

onde Q_{obs} é cada vazão observada e m é a quantidade de pares de observações e previsões. Nota-se que o termo $\{ \text{Prob}[Q_{obs} > l] | (\text{Prob}[Q_i > l] > p) \}$ assumirá o valor 1 ou 0.

Já os alarmes falsos ocorrem quando há a previsão de excedência do mesmo limiar l , com uma certa probabilidade p , contudo o valor observado não excede o limiar. Assim, a probabilidade (ou frequência) de alarmes falsos é dada por:

Equação 3.20

$$X(l, p) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \{ \text{Prob}[Q_{obs} \leq l] | (\text{Prob}[Q_i > l] > p) \}$$

A FIGURA 3.6 exemplifica o diagrama ROC para diferentes habilidades de discriminação. Para efeitos de comparação com outros sistemas, a área abaixo da curva pode ser tomada como medida que aponta a capacidade de discriminação do sistema.

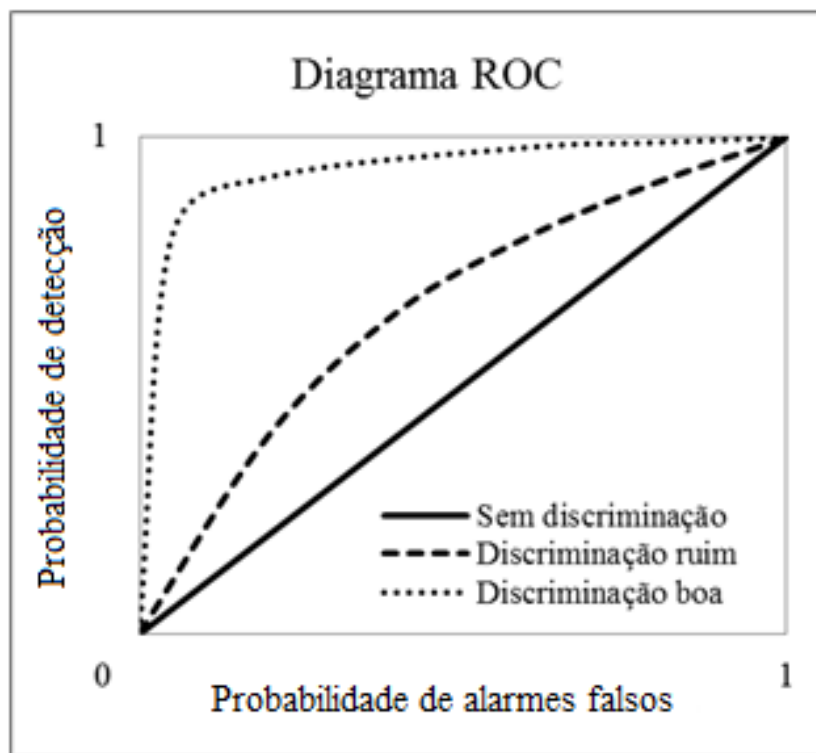


FIGURA 3.6: Diagrama ROC com diferentes exemplos de habilidades de discriminação

Segundo o diagrama ROC, uma previsão apresenta bom desempenho se a probabilidade de detecção (acerto) for alta em relação à probabilidade de detecção falsa (alarmes falsos). Um sistema de previsão que produz previsões aleatórias, apresentando mal desempenho, resultará em tantas previsões bem-sucedidas de um evento quanto em previsões mal-sucedidas. Portanto, um sistema de previsão habilidoso, com boa discriminação e baixa aleatoriedade, sempre produzirá uma curva ROC posicionada acima da linha diagonal 1:1.

3.5 El Niño - Oscilação Sul (ENOS)

Segundo Barry e Chorley (2013), a Oscilação Sul (OS) é uma onda estacionária de massa e pressão, ocorrendo trocas de ar entre a célula de alta pressão sobre o oceano Pacífico Sul oriental e a célula de baixa pressão localizada entre o Pacífico ocidental e a Indonésia. Esta onda está associada às fases da circulação de Walker, onde as fases negativas estão relacionadas ao fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e as fases positivas estão relacionadas ao fenômeno La Niña (eventos não ENOS). A ocorrência de eventos de El Niño (EN) e La Niña (LN) depende dos processos concorrentes de advecção e ressurgência¹ no oceano Pacífico. Para Cavalcanti *et al.* (2009), ENOS é a principal fonte de variabilidade climática interanual global, podendo seus efeitos serem observados em vários locais do planeta.

Durante a fase de LN, também entendida como fase fria, as baixas temperaturas da superfície do mar (SST) intensificam os ventos alísios de leste, os quais contribuem para a ressurgência na costa oeste da América do Sul e espalham águas frias na direção oeste. Isto faz com que o ar ascenda sobre o Pacífico ocidental, gerando uma grande célula com uma zona de alta pressão no Pacífico oriental e uma zona de baixa pressão no Pacífico ocidental. Ocorre também a formação de uma célula entre a zona subtropical de alta pressão e a zona de baixa pressão do Pacífico ocidental, o que contribui para o aumento da intensidade dos ventos alísios (FIGURA 3.7).

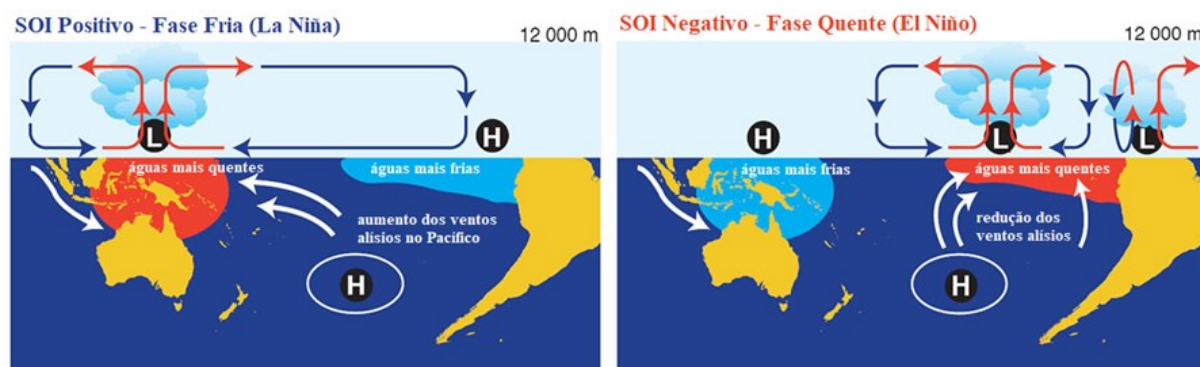


FIGURA 3.7: Oscilação Sul – mecanismos de circulação atmosférica das fases quente e fria (H: zona de alta pressão; L: zona de baixa pressão). Fonte: www.chiefscientist.qld.gov.au

Já na fase de EN (fase quente), ocorre uma ampliação da região cuja temperatura da superfície do mar é maior, cessando a ressurgência costeira. Consequentemente ocorre a formação de uma

¹ Fenômeno oceanográfico que consiste na emergência de águas profundas (frias, densas e ricas em nutrientes) para camadas superficiais.

zona de baixa pressão sobre o Pacífico oriental que, juntamente com a zona subtropical de alta pressão, formará uma célula capaz de reduzir a intensidade dos ventos alísios de leste (BARRY; CHORLEY, 2013).

A atividade da OS do Pacífico pode ser expressa através do Índice de Oscilação Sul (SOI), que é uma medida de oscilações de larga escala na pressão atmosférica ocorridas entre as extremidades oriental e ocidental do Pacífico. O SOI é dado pela diferença entre as anomalias de pressão atmosférica observadas no Taiti e na cidade de Darwin (Austrália), estando suas fases negativas relacionadas com anomalias de águas mais quentes (EN) e suas fases positivas relacionadas às anomalias de águas mais frias (LN). As anomalias são as diferenças entre os valores observados e a média histórica em cada local, podendo ser padronizadas dividindo-as pelo desvio padrão da série (Equação 3.22 e Equação 3.23). A FIGURA 3.8 apresenta anomalias típicas de pressão atmosférica sobre a superfície do Pacífico durante eventos de EN e LN. O cálculo do SOI é realizado a partir das seguintes equações (NOAA, 2017):

$$\text{Equação 3.21} \quad \mathbf{SOI} = \frac{(A_T - A_D)}{MSD}$$

$$\text{Equação 3.22} \quad \mathbf{A_T} = \frac{(P_T - \bar{P}_T)}{SD_T}$$

$$\text{Equação 3.23} \quad \mathbf{A_D} = \frac{(P_D - \bar{P}_D)}{SD_D}$$

$$\text{Equação 3.24} \quad \mathbf{MSD} = \sqrt{\sum(A_T - A_D)^2 / N}$$

onde A_T e A_D são as anomalias de pressão atmosférica ao nível do mar no Taiti e em Darwin; P_T e P_D são as pressões atmosféricas ao nível do mar no Taiti e em Darwin; \bar{P}_T e \bar{P}_D são as médias das pressões atmosféricas ao nível do mar no Taiti e em Darwin; e MSD é o desvio padrão mensal das anomalias.

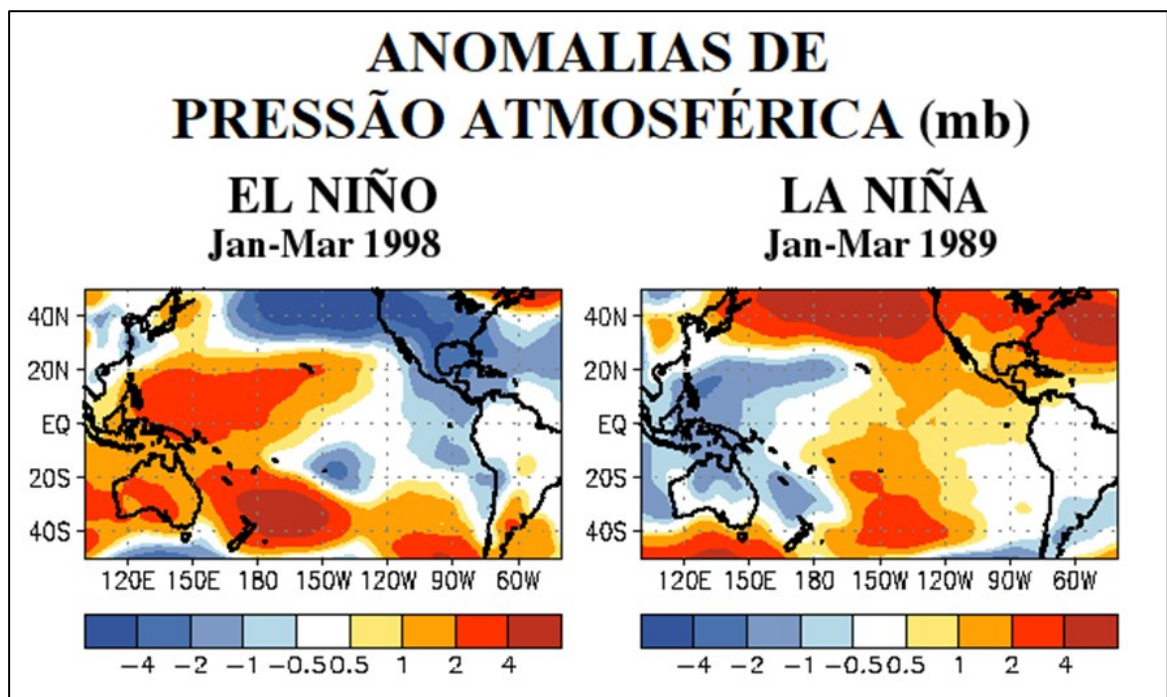


FIGURA 3.8: Anomalias da pressão atmosférica ao nível do mar. Fonte: www.cpc.ncep.noaa.gov

A FIGURA 3.9 apresenta a variação do SOI durante o período de 1951 a 2017. Os períodos em vermelho apresentam valores negativos para o índice, estando associados a fases de EN, enquanto os períodos em azul apresentam valores positivos para o índice, portando estando associados a fases de LN. As fases neutras seriam os períodos quando a variação do SOI é relativamente pequena ou de curta duração, como ocorrido entre abril/2012 e fevereiro/2013.

Para o clima do Brasil, ENOS é também a principal fonte de variabilidade climática interanual. Durante o inverno do primeiro ano de evento EN (LN), a região Norte apresenta anomalias negativas (positivas) de precipitação, as quais persistem até o outubro do ano seguinte. Na primavera, tais anomalias negativas (positivas) se intensificam no Norte e Centro-Leste do país. O oposto ocorre na região Sul, onde eventos de EN (LN) resultam em anomalias positivas (negativas) de precipitação. Contudo, no mês de janeiro as anomalias invertem os sinais no Centro-Leste e em algumas áreas no Sul. O restante do verão apresenta redução das anomalias e retorno a condições semelhantes às da primavera. Durante o outono, a precipitação no Nordeste aumenta em eventos de LN, o que também ocorre no Sudeste e Sul durante eventos de EN (CAVALCANTI et al., 2009).

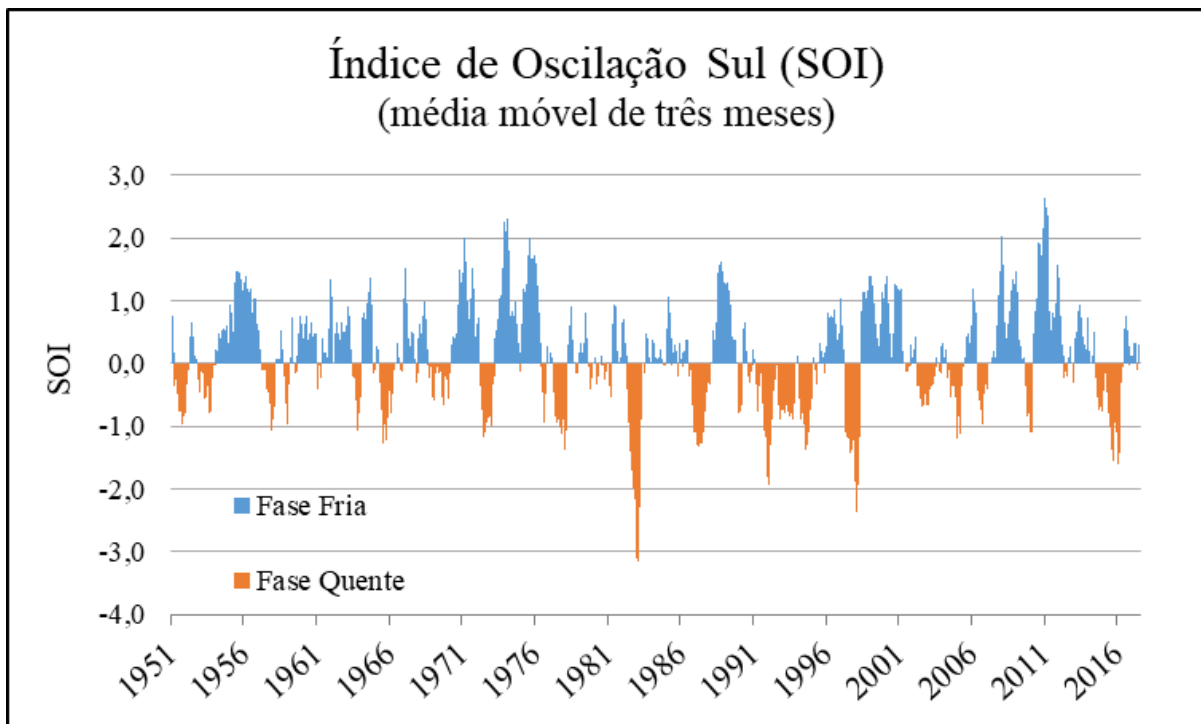


FIGURA 3.9: Série temporal do Índice de Oscilação Sul (SOI). Fonte: NOAA (2017)

Galvêncio e Souza (2002) verificaram e quantificaram os possíveis impactos de EN nos totais mensais precipitados (TMP) na bacia do rio São Francisco, estabelecendo correlações entre os índices de anomalias de SST e TMP. Os autores concluíram que, em anos de EN, as porções alta e média da bacia produzem mais água do que em anos de LN.

Pinto *et al.* (2006) utilizaram os indicadores climáticos de anomalia da SST e SOI para a previsão probabilística de precipitações semestrais e de vazões trimestrais para a bacia do Alto Rio São Francisco. Os autores verificaram que a utilização dos indicadores, tanto para a previsão das precipitações como das vazões, trouxe ganhos em relação às previsões realizadas somente com dados da climatologia (umidade, evapotranspiração, precipitação, temperatura, etc.)

Pscheidt e Grimm (2009) analisaram a frequência de chuvas extremas no Sul do Brasil através das variabilidades interanual e interdecenal. Os autores verificaram que os episódios de EN aumentam predominantemente as chuvas extremas, embora em alguns anos ocorra a redução do número de eventos extremos, quando comparado à média dos anos neutros. Além disto, constatou-se que a variabilidade interdecenal dos eventos de LN modula a frequência dos eventos extremos na região de forma significativa.

Tojo Soler *et al.* (2010), analisaram o impacto do ENOS na precipitação e temperatura do ar no estado de São Paulo, sendo observado, em algumas localidades, aumento na precipitação nos meses de abril e maio durante fases de EN.

Mello *et al.* (2012) analisaram a erosividade das chuvas na bacia do Alto Rio Grande, no Sul de Minas Gerais, sendo calculados eventos de precipitação individuais para o período 2006-2010. Aplicando o coeficiente de correlação de Pearson, os autores verificaram relações significativas entre as variáveis de chuvas erosivas e a SST, indicando que eventos de EN e LN podem produzir significantes impactos no comportamento de chuvas na cabeceira da bacia, como o aumento e a redução de sua erosividade, respectivamente.

Silva Dias *et al.* (2013), ao analisar os dados de precipitação diária do período de 1933 a 2010 para a cidade de São Paulo, encontraram tendências significativas de aumento da frequência de extremos durante o período de estiagem, sendo 85% deste aumento explicado por índices climáticos, dentre eles índices relacionados a ENOS. Já durante o período chuvoso, os índices apresentaram um percentual de relação menor.

Alves *et al.* (2013) avaliaram possíveis tendências em séries históricas de vazões nos postos do Operador Nacional do Sistema (ONS), chegando à conclusão de que existe uma correlação negativa entre o SOI e as mudanças de patamares de vazões máximas na maioria dos postos analisados.

3.6 Reservatórios de água para abastecimento

Segundo PRINCE (2006), as captações de água de superfície podem ser realizadas a partir de cinco formas distintas:

- i. captação direta ou a fio d'água;
- ii. captação com barragem de regularização de nível de água;
- iii. captação com reservatório de regularização de vazão destinado prioritariamente para o abastecimento público de água;

- iv. captação em reservatórios ou lagos de usos múltiplos; e
- v. captações não convencionais.

Utiliza-se a captação com reservatório de regularização de vazão quando a vazão mínima disponível do curso d'água é inferior à vazão de captação demandada. Assim, o volume armazenado no reservatório é utilizado para regularizar a vazão do curso d'água, permitindo o fornecimento da vazão necessária ao abastecimento durante todo o ano, podendo também manter uma vazão residual necessária à manutenção dos ecossistemas e demais usos a jusante.

3.6.1 Balanço hídrico de reservatórios

De acordo com a equação da continuidade, a variação do volume de um reservatório em um determinado período de tempo é dada pela diferença entre os volumes de entrada e de saída no reservatório neste mesmo período (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988):

Equação 3.25
$$S = P + V_e - I - E - V_s$$

onde S é a variação do volume, P é o volume de água precipitado sobre o reservatório, V_e é o volume de água que afluiu para o reservatório (entrada), I é volume perdido por infiltração, E é o volume perdido por evaporação do espelho d'água e V_s é o volume que defluiu do reservatório pelo vertedor, tomada d'água, captações diversas e descarga de fundo (saída).

3.6.2 Composição de um reservatório

Reservatórios de água são construídos com a finalidade de regularização das vazões naturais, tendo em vista a variabilidade temporal das precipitações e consequentes situações de déficit hídrico para o abastecimento. Para tal, os reservatórios acumulam água durante os períodos chuvosos com o objetivo de compensar as deficiências das vazões futuras, durante os períodos de estiagem. O acúmulo de água se dá pelo barramento de um curso d'água e inundação de uma determinada área, sendo que suas características físicas (como capacidade de armazenamento, tempo de enchimento, profundidade, área de inundação, etc.) dependem da hidrologia e

topografia do local onde estão inseridos, das características da barragem e de sua finalidade de uso (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

Segundo Campagnoli e Diniz (2012), o reservatório se expressa territorialmente pelo barramento e pelo perímetro do lago artificial, sendo um conjunto formado por:

- i. volume de água armazenado (volume útil; representa a energia armazenada);
- ii. diferença entre as elevações de montante e jusante (altura da queda); e
- iii. regras de enchimento e esvaziamento (depleção).

Além do propósito de regular a vazão de água para o abastecimento, um reservatório pode apresentar outras finalidades como irrigação, prevenção de inundações, combate à seca, navegação e geração hidrelétrica.

Segundo Collischonn e Dornelles (2015), a descrição de um reservatório se dá através de seus volumes, níveis e equipamentos característicos, definidos em seu projeto. São eles:

- **Vertedor:** também conhecido como extravasor, é a estrutura destinada à saída de água excedente, dimensionado para a passagem de cheias raras, com alto tempo de retorno, garantindo principalmente a segurança do barramento.
- **Descarregador de fundo:** estrutura de saída de água utilizada regularmente para atender demanda a jusante; também pode ser utilizada para esvaziamento do reservatório antes e durante a passagem de cheias.
- **Tomada d'água:** estrutura destinada à captação da água para determinado uso.
- **Curva cota-área-volume:** relação existente entre o nível da água no reservatório (cota), a área inundada e o volume armazenado; a relação entre cota e volume está diretamente ligada à capacidade de armazenamento e regularização do reservatório, enquanto a relação entre cota e área associa-se às perdas de água por evaporação.
- **Nível mínimo operacional:** nível mais baixo de água no qual ainda é possível a operação normal das tomadas d'água.
- **Volume morto:** volume que não está disponível para uso pois seu nível encontra-se abaixo da tomada d'água; correspondente ao nível mínimo operacional.

- **Nível máximo operacional:** corresponde à elevação máxima em que o reservatório pode operar normalmente; níveis superiores ocorrerem em situações extraordinárias, contudo podem comprometer a segurança da barragem.
- **Volume máximo:** volume definido pelo nível máximo operacional.
- **Volume útil:** parcela do volume efetivamente utilizada para a regularização das vazões, sendo a diferença entre o volume máximo operacional e o volume morto.
- **Nível máximo maximorum:** nível máximo d'água considerado no projeto da barragem e das estruturas de saída; em situações excepcionais, como no caso de grandes cheias, o nível d'água pode superar o máximo operacional e até atingir o máximo maximorum caso a cheia apresente o mesmo tempo de retorno utilizado no dimensionamento das estruturas. Uma cheia com tempo de retorno superior ao utilizado no projeto de dimensionamento pode implicar sérios danos estruturais, até mesmo no rompimento da barragem.
- **Volume de espera:** também conhecido como volume de controle de cheias, ou volume de amortecimento, é a parcela do volume útil destinado ao amortecimento de cheias, estando compreendido entre o nível máximo maximorum e o nível máximo operacional. Quanto maior o volume de espera, menor o volume útil, o que pode resultar em conflito de interesse com os outros usos da água, caso existam.
- **Cota de crista do barramento:** é a elevação resultante da soma da elevação do nível máximo maximorum com a altura da borda livre da barragem, que tem o objetivo de conter as ondas provocadas pelo vento, impedindo que estas galguem a barragem.

A FIGURA 3.10 apresenta os elementos mais característicos de um reservatório formado por barramento, destacando-se as estruturas de saída (vertedor e descarregador de fundo), os níveis máximo, mínimo e máximo maximorum e os volumes útil e morto.

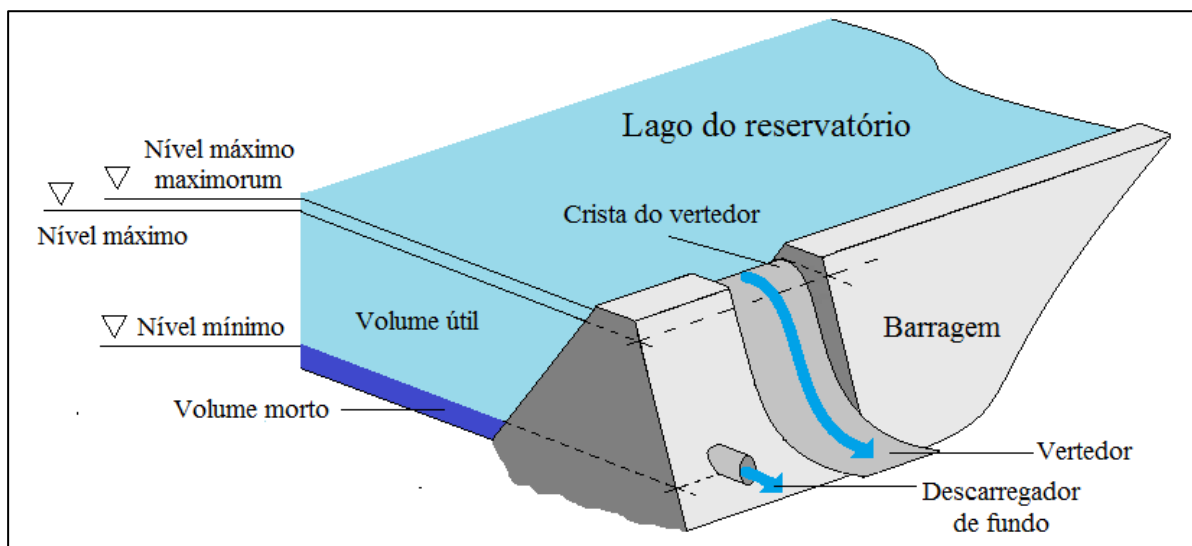


FIGURA 3.10: Esquema de reservatório formado por barramento, com destaque para seus elementos mais característicos: níveis, volumes e equipamentos de saída d'água. Fonte: adaptado de Collischonn e Dornelles (2015)

3.6.3 Tomada d'água

A tomada d'água é a estrutura inicial do processo de captação, tendo como objetivo a condução da água superficial captada para as demais estruturas que compõem o processo de captação. Os dispositivos de tomada d'água de superfície mais comuns seguem ordenados de forma crescente, conforme seu grau de complexidade (PRINCE, 2006):

- (i) tubulação de tomada;
- (ii) caixa de tomada;
- (iii) canal de derivação;
- (iv) poço de derivação;
- (v) tomada de água com estrutura em balanço;
- (vi) captação flutuante; e
- (vii) torre de tomada.

A torre de tomada d'água é uma estrutura de grandes dimensões, atingindo elevações superiores ao nível máximo do reservatório, dotada de entradas d'água em diferentes elevações, compreendidas entre os níveis mínimo e máximo do reservatório. É indicada para grandes sistemas de abastecimento, já que apresenta custo superior aos demais tipos de tomada d'água,

e para mananciais que apresentem grande variação de nível ou significativas alterações da qualidade da água em função da profundidade (lagos, reservatórios e alguns rios). Águas de reservatórios favorecem a floração de microalgas, inclusive de espécies nocivas à saúde humana como as cianobactérias. Tais florações ocorrem na camada superior da coluna d'água, onde a temperatura é mais elevada e a radiação é mais intensa. Por outro lado, as regiões mais profundas dos reservatórios apresentam grande concentração de matéria orgânica, metais e outros compostos causadores de odores, cor e sabor, indesejáveis na água fornecida pelo abastecimento (PRINCE, 2006).

Assim, dependendo do nível da água no reservatório, o operador do sistema pode optar por captar a água de melhor qualidade para o processo de tratamento, bastando escolher qual entrada da torre realizará a tomada d'água.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da bacia hidrográfica de Serra Azul

A bacia hidrográfica do reservatório de Serra Azul abrange parte dos municípios de Juatuba, Mateus Leme, Itaúna e Igarapé, fazendo fronteira com os municípios de Brumadinho e Itatiaiuçu, todos em Minas Gerais, conforme mostra a FIGURA 4.1. O reservatório foi construído com a finalidade de regularizar vazões para atender parte do sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), sendo operado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA, 2015a).

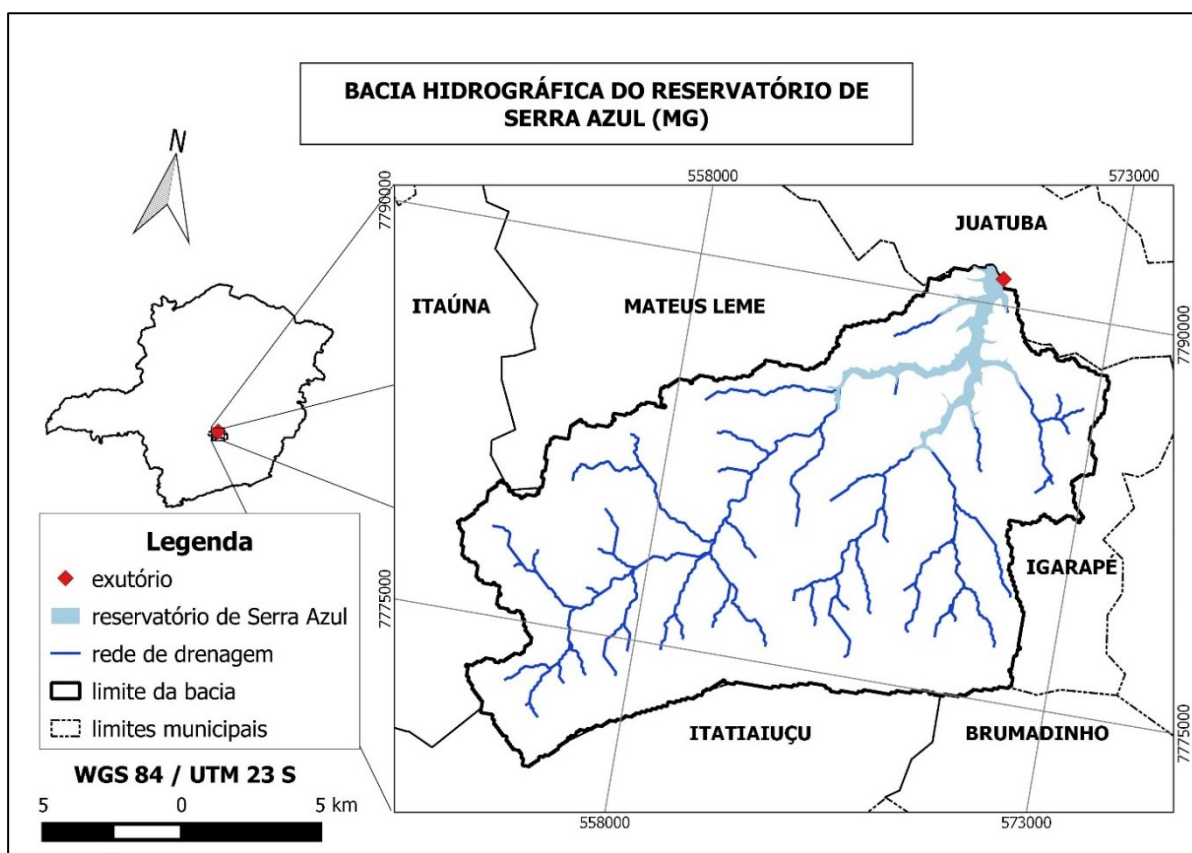


FIGURA 4.1: Mapa de localização geográfica da bacia de Serra Azul

Seus principais afluentes são o ribeirão Serra Azul e os córregos Diogo Vieira, Estiva, Potreiro, Pedreira, Jacu, Curralinho e Brejo. O reservatório está inserido em uma bacia de 261 km², estabelecida como Área de Proteção Especial (APE), e protegida por uma área particular da COPASA com cerca de 3.200 ha (COPASA, 2015a), cujas fitofisionomias predominantes são Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual) e Cerrado.

Segundo Reboita *et al.* (2015), a região onde está inserida a bacia hidrográfica apresenta clima tropical de savana (Cerrado) com inverno seco, do tipo Aw conforme classificação climática de Köppen-Geiger.

Neves (2005) realizou classificação e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia de Serra Azul com referência ao ano de 2002, constatando uma ocupação da bacia de 24,63% por floresta densa, 37,59% por vegetação esparsa, 35,58% ocupados por solos expostos, pasto e áreas agrícolas, 1% por áreas urbanas e 1,15% por áreas de mineração. Contudo, a atividade imobiliária na região tem se intensificado, resultando no surgimento de novos loteamentos e condomínios. Portanto, atualmente é muito provável que o percentual ocupado por áreas urbanas seja consideravelmente superior a 1%.

4.2 Aquisição e tratamento de dados hidrológicos

Os dados hidrológicos utilizados foram selecionados de acordo com a representatividade das estações de monitoramento com relação à bacia e pelas continuidades das séries. Assim, determinou-se um período suficientemente extenso em que as séries apresentassem continuidade para os dados de precipitação, vazão e evapotranspiração. A FIGURA 4.2 demonstra o processo de escolha (eleição das estações), tratamento e análise dos dados antes destes serem utilizados no modelo.

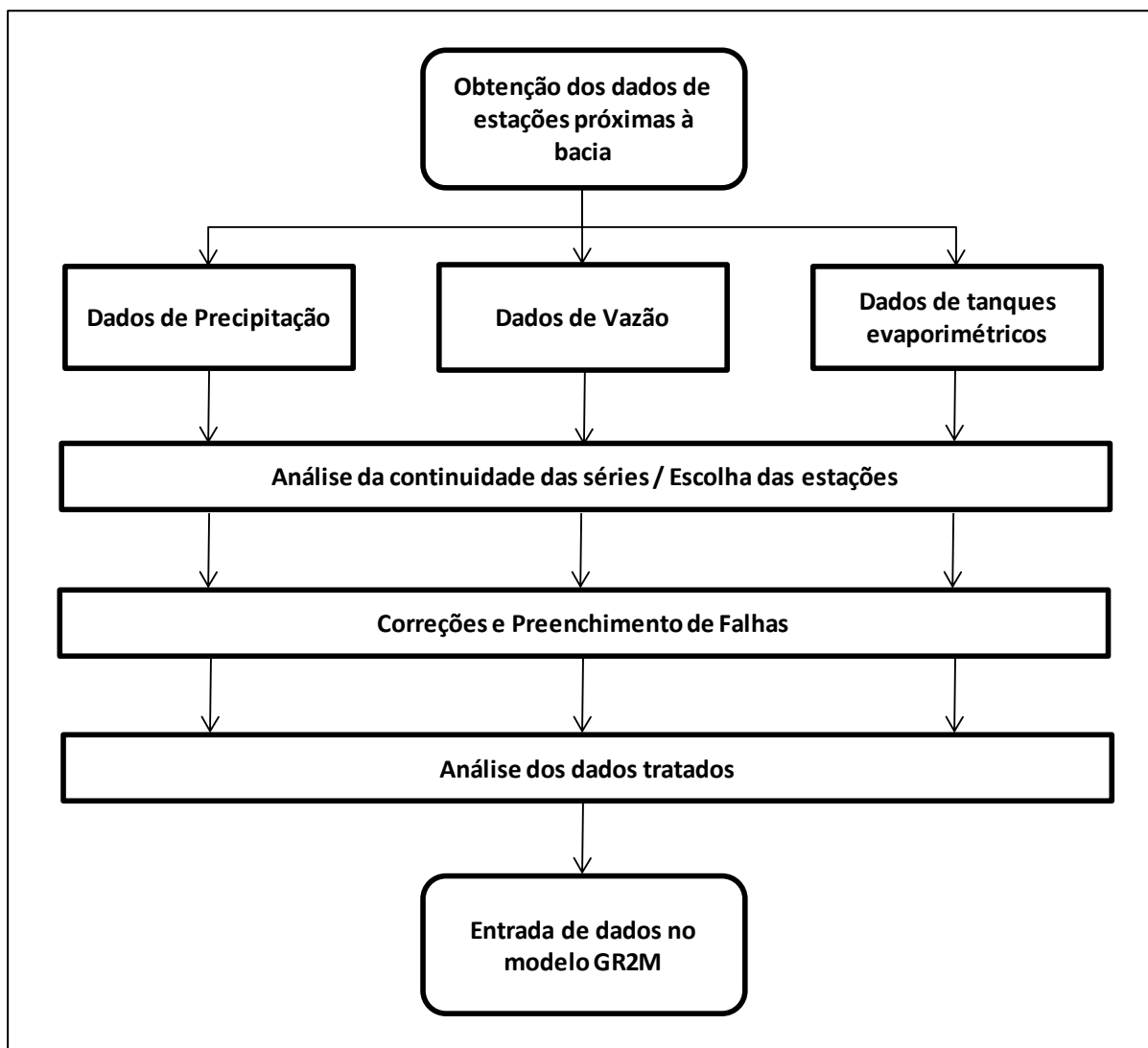


FIGURA 4.2: Processo de escolha, tratamento e análise dos dados utilizados

Tendo em vista que o modelo hidrológico escolhido apresenta passo de tempo mensal, os dados hidrométricos, obtidos com frequência diária, tiveram que ser convertidos para frequência mensal. No caso da precipitação e da ETP, foi suficiente a totalização das respectivas alturas (em mm) para cada mês. No caso da vazão, utilizou-se a média mensal.

4.2.1 Séries pluviométricas

Foram obtidas séries de dados pluviométricos de 21 estações a partir do sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), de forma a estabelecer o período com maior sequência de dados e com número representativo de estações. Tendo em vista a grande extensão das séries, recorreu-se ao gráfico comparativo da FIGURA 4.3 para se estabelecer um recorte temporal.

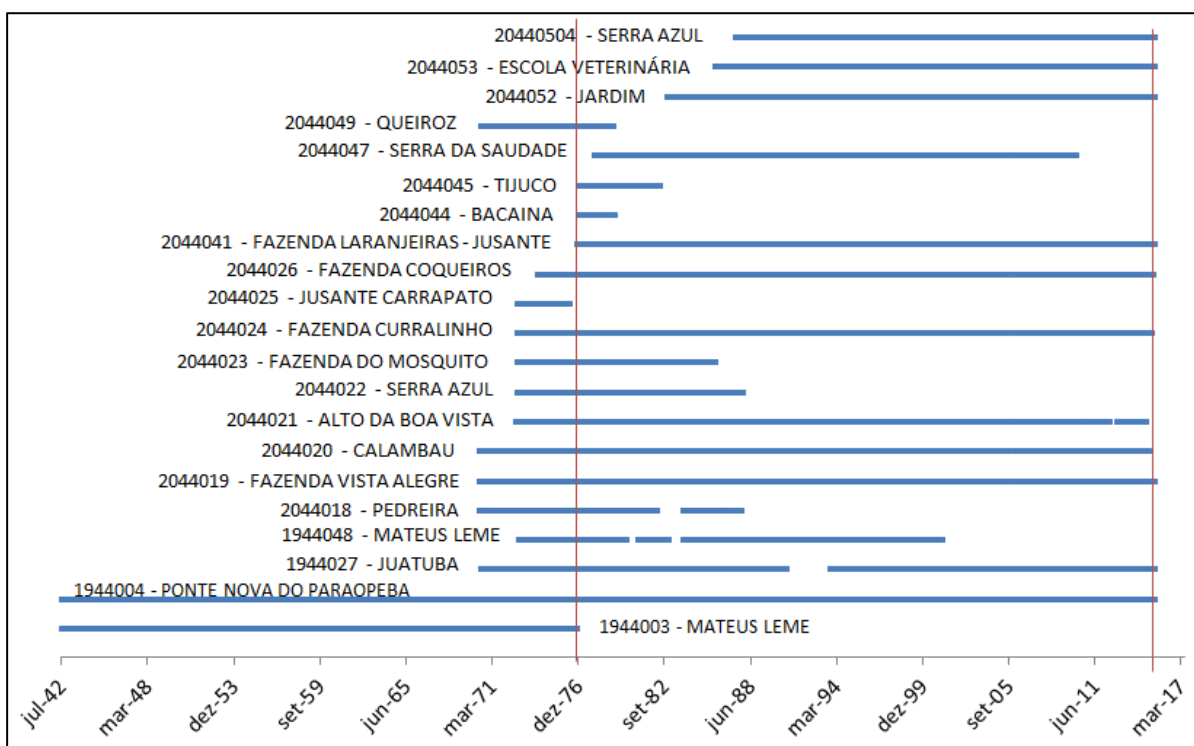


FIGURA 4.3: Análise da continuidade das séries de dados das estações pluviométricas analisadas

Verificou-se que o período de 1977 a 2014 apresentava séries com poucas falhas em sete estações, resultando na escolha das estações que constam na TABELA 4.1.

TABELA 4.1: Estações pluviométricas escolhidas para análise das séries

Código da Estação	Nome da Estação
1944004	Ponte Nova do Paraopeba
2044019	Fazenda Vista Alegre
2044020	Calambau
2044021	Alto da Boavista
2044024	Fazenda Curralinho
2044026	Fazenda Coqueiros
2044041	Fazenda Laranjeiras – Jusante

A precipitação média sobre a bacia foi determinada através do Método de Thiessen, que consiste na média da precipitação ponderada espacialmente sobre a bacia. A ponderação se dá pelas áreas de influência de cada estação, as quais são estabelecidas por polígonos (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988; COLLISCHONN; DORNELLES, 2015; SILVA, 2015). FIGURA 4.4 apresenta os polígonos de Thiessen definidos para a bacia de Serra Azul. Assim,

a precipitação média sobre a bacia é ponderada pela área dos polígonos. As áreas correspondentes a cada polígono se encontram na TABELA 4.2.

TABELA 4.2: Área dos polígonos de Thiessen para cada estação pluviométrica – relação final de estações pluviométricas

Código da Estação	Nome da Estação	Área do Polígono (km ²)
2044019	Fazenda Vista Alegre	42,0
2044020	Calambau	7,4
2044021	Alto da Boavista	87,0
2044024	Fazenda Curralinho	75,9
2044026	Fazenda Coqueiros	29,4
2044041	Fazenda Laranjeiras - Jusante	19,8
Total		261,4

Tendo em vista que a estação 1944004 (Ponte Nova do Paraopeba) não representou área da bacia de Serra Azul (FIGURA 4.4), os dados desta estação foram descartados para este trabalho, permanecendo apenas os dados das demais seis estações.

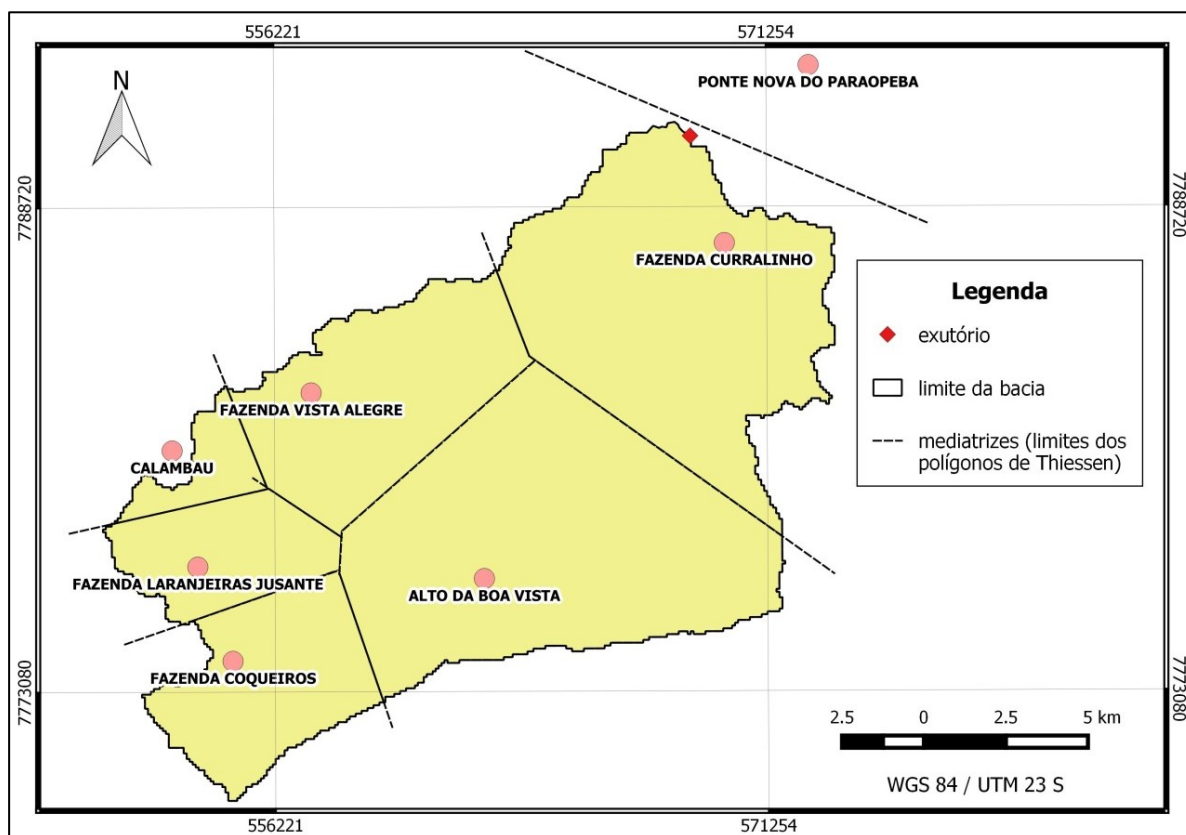


FIGURA 4.4: Mapa de delimitação dos polígonos de Thiessen para determinação da precipitação média sobre a bacia de Serra Azul

A estação 2044021 (Alto da Boavista) apresentou falha para o mês de janeiro/2011 e para o período de julho/2012 a novembro/2012 (total de seis meses). Para preenchimento das falhas de precipitação mensal, utilizou-se o Método de Ponderação Regional (Equação 4.1), o qual consiste na seleção de ao menos três estações vizinhas (com no mínimo 10 anos de dados) à estação que apresenta a falha para se realizar uma média ponderada (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

Equação 4.1
$$y = \frac{1}{n} \left[\frac{x_1}{\bar{x}_1} + \frac{x_2}{\bar{x}_2} + \dots + \frac{x_n}{\bar{x}_n} \right] \cdot \bar{y} = \frac{\bar{y}}{n} \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\bar{x}_i}$$

Na Equação 4.1, y é a precipitação mensal a ser preenchida, os termos x_1 , x_2 e x_i são as precipitações mensais nas n estações vizinhas, \bar{x}_1 , \bar{x}_2 e \bar{x}_i são as precipitações médias de longo termo (mensais ou anuais) das estações vizinhas e \bar{y} é a precipitação mensal média de longo termo da estação que apresenta a falha.

A análise de consistência das séries temporais de cada estação foi realizada através de gráficos de dupla massa, a fim de se verificar mudanças de tendência das séries ou erros de apontamento e medição dos dados. Os gráficos foram gerados através da precipitação anual acumulada de cada estação e a precipitação anual média acumulada das demais estações, conforme apresentado na FIGURA 4.5, onde não se verificou mudanças de tendência significativas ou erros de medição grosseiros.

Após o preenchimento das falhas, calculou-se a precipitação sobre a bacia conforme o método Thiessen, gerando a série de precipitação mensal apresentada na FIGURA 4.6 e as precipitações anuais na FIGURA 4.7. Também foram calculados os valores médios de precipitação para cada mês do ano, conforme mostra a FIGURA 4.8. Nota-se que o período de chuvas inicia nos meses de setembro/outubro, estendendo-se até março. Por sua vez, o período de estiagem é nitidamente compreendido entre os meses de abril e agosto. Esta distribuição da precipitação ao longo do ano é típica da região sudeste do Brasil, sendo convencionado que o período chuvoso compreende os meses de outubro a março, enquanto o período de estiagem se estende de abril a setembro de cada ano.

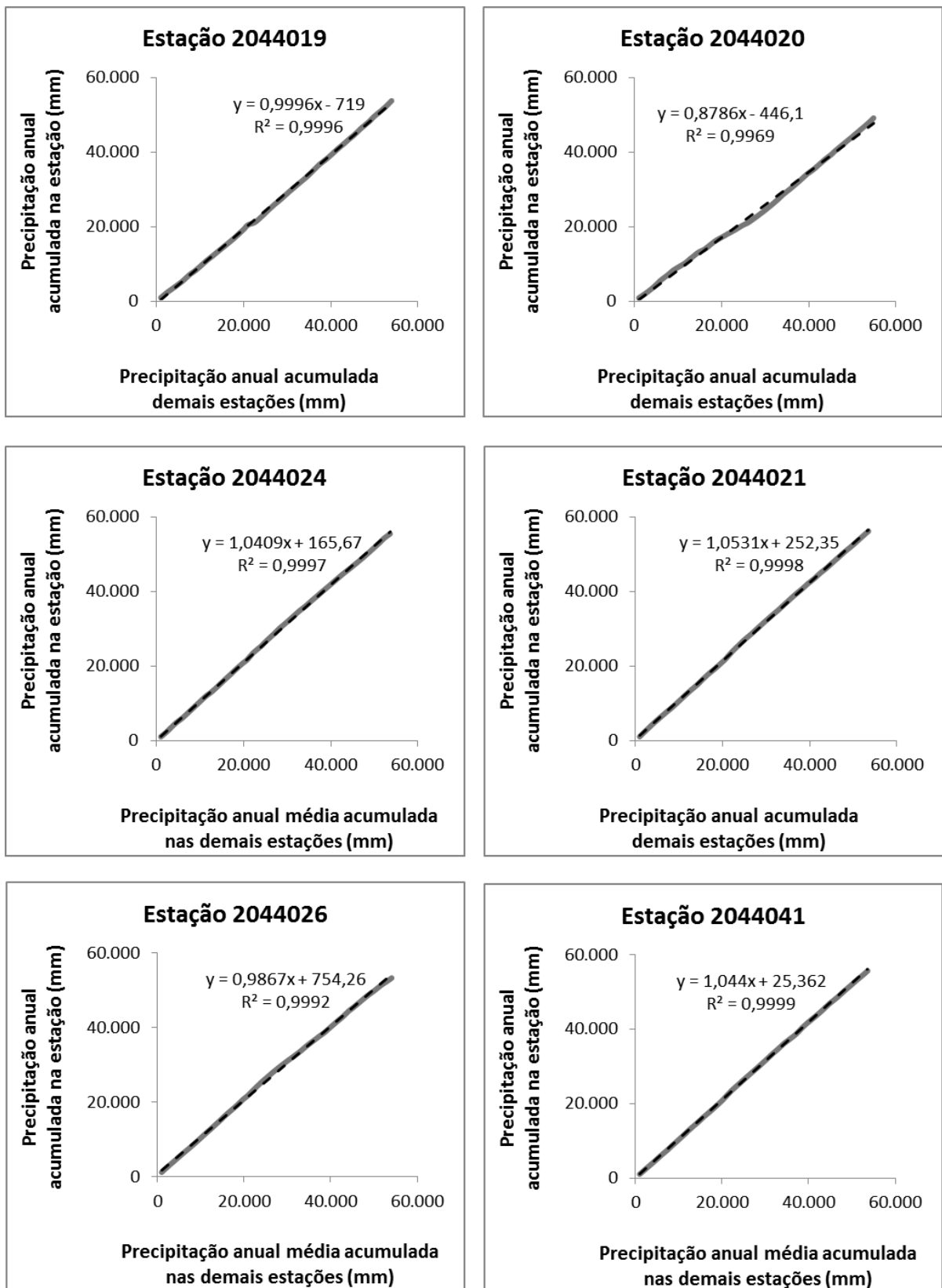


FIGURA 4.5: Gráficos das curvas de dupla massa para cada estação pluviométrica

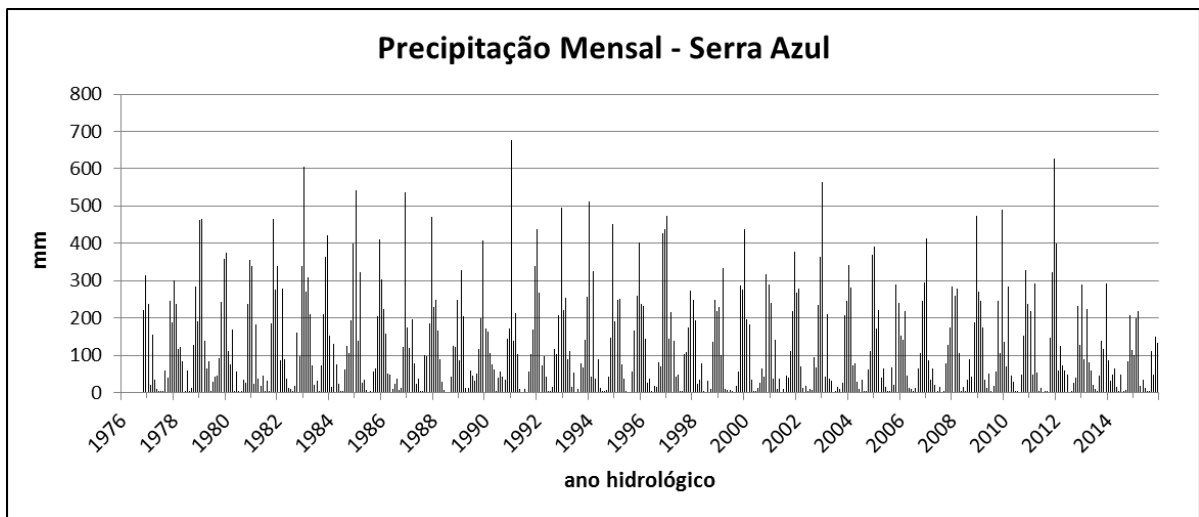


FIGURA 4.6: Série de precipitações calculada conforme método de Thiessen (ano hidrológico: outubro-setembro)

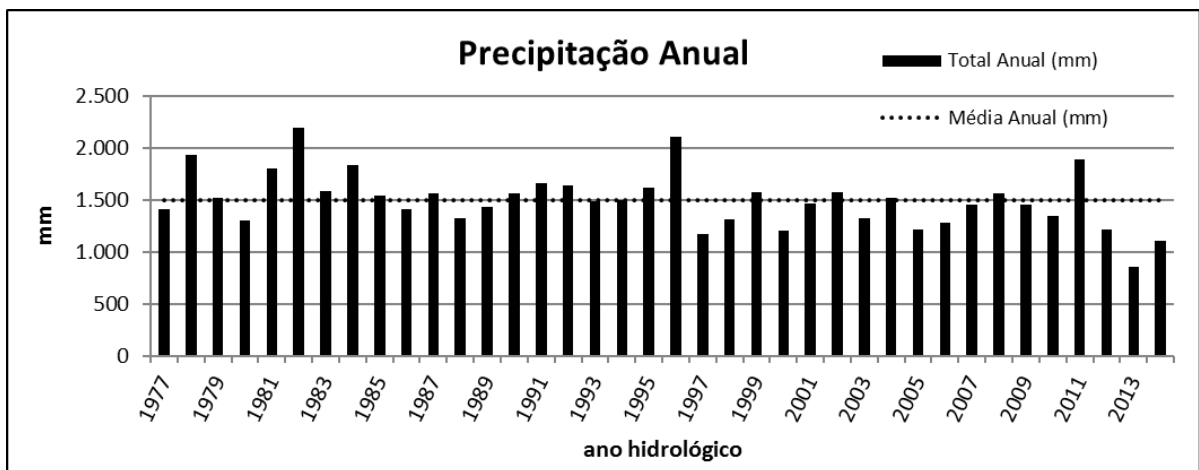


FIGURA 4.7: Série de precipitações anuais (ano hidrológico: outubro-setembro)

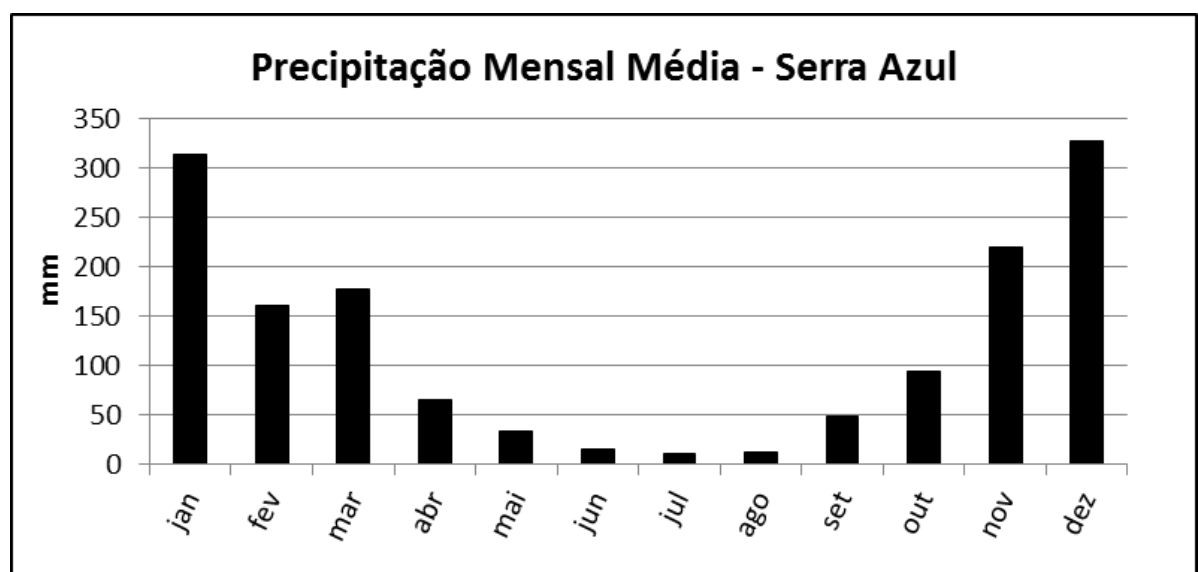


FIGURA 4.8: Precipitação mensal média na bacia de Serra Azul

4.2.2 Séries fluviométricas

Devido à indisponibilidade dos dados da vazão afluente ao reservatório em passos de tempo mensal ou diário (para posterior conversão para o passo mensal), optou-se por realizar as etapas de calibração e validação do modelo utilizando-se os dados de vazão da estação fluviométrica de Jardim (40811100). Sua escolha se deu por ser a estação mais a jusante dentro bacia de Serra Azul, ou seja, com maior área de drenagem (113 km², ou seja, 43,3% da área total da bacia). A partir dos dados de vazão de Jardim pretendeu-se estimar a vazão afluente total para o reservatório considerando a proporção das áreas de drenagem. A FIGURA 4.9 apresenta a localização da estação Jardim na bacia.

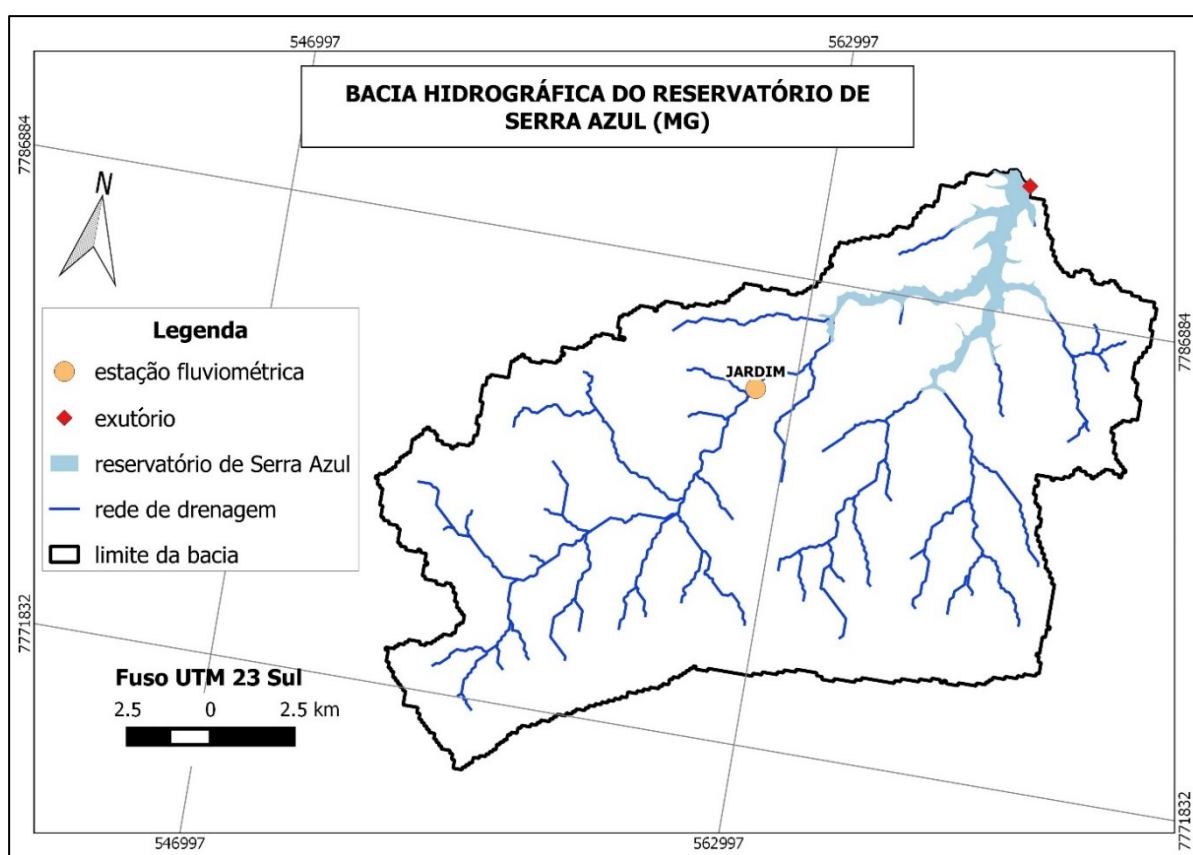


FIGURA 4.9: Localização da estação fluviométrica de Jardim (40811100) – bacia de Serra Azul

A série fluviométrica de Jardim apresentou algumas descontinuidades mensais (setembro/2009 e setembro/2014), destacando-se as descontinuidades de grande extensão que resultaram em três grandes períodos com dados:

- ✓ de janeiro/1979 a dezembro/1985 (7 anos);

- ✓ de janeiro/1996 a novembro/2006 (10 anos e 11 meses);
- ✓ de dezembro/2007 a julho/2015 (8 anos e 7 meses).

Para preenchimento destas descontinuidades, utilizou-se os dados de elevação do nível d'água na seção fluvial de Jardim. Tais dados também foram adquiridos através da plataforma HydroWeb. Para conversão dos valores das cotas para vazão, utilizou-se as chuvas-chave geradas pelo CPRM, conforme Mota (2016), e a curva-chave gerada por Drumond (1994, *apud* Neves, 2005), as quais constam na TABELA 4.3. Embora esta equação tenha sido definida com base nos dados referentes aos anos de 1978 a 1989, a mesma foi aplicada para preenchimento do período de 1986 a 1995, tendo em vista a variação desprezível da seção transversal do rio ao longo deste período (NEVES, 2005).

A FIGURA 4.10 apresenta a série de vazões da estação fluviométrica de Jardim com as descontinuidades preenchidas, utilizando-se os dados de elevação de nível d'água e curvas-chave apresentadas na TABELA 4.3.

TABELA 4.3: Curvas-chave utilizadas para preenchimento de descontinuidades da série fluviométrica. Fonte: Drumond (1994, *apud* Neves, 2005) e CPRM (*apud* Mota, 2016)

Drumond (1994, <i>apud</i> Neves, 2005)				Validade		Amplitude (m)	
$Q = 0,133 + 3,77 \text{ Cota} + 1,16 \text{ Cota}^2$				Início	Fim	Mín.	Máx.
				01/09/1978	30/09/1989	0	2,60

CPRM (<i>apud</i> Mota, 2016)				Validade		Amplitude (m)	
$Q = a (\text{Cota} - h_0)^b$				Início	Fim	Mín.	Máx.
Curva	a	h_0	b	Início	Fim	Mín.	Máx.
1	3,344	-0,220	1,681	01/01/1996	09/10/1999	0,03	2,75
2	4,305	0,970	1,170	30/01/2005	31/12/2008	1,00	2,60
3	4,330	0,930	1,110	10/10/1999	31/12/2008	2,60	5,00

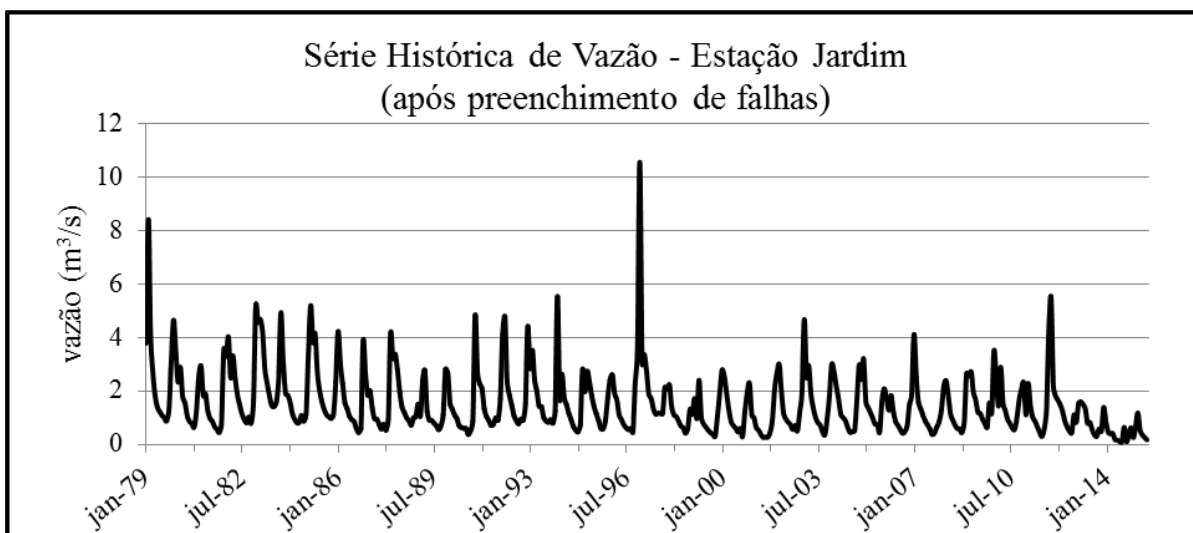


FIGURA 4.10: Série de vazões médias mensais da estação fluviométrica Jardim (40811100) após preenchimento das discontinuidades

A FIGURA 4.11 apresenta o gráfico formado pelas vazões médias mensais da estação Jardim, calculadas com os dados de observações de 1979 a 2016. Nota-se que o regime hidrológico da região tem comportamento hidrológico típico do sudeste brasileiro, podendo-se distinguir um período de vazões maiores (de novembro a março) e um claro período de estiagem (de abril a outubro).

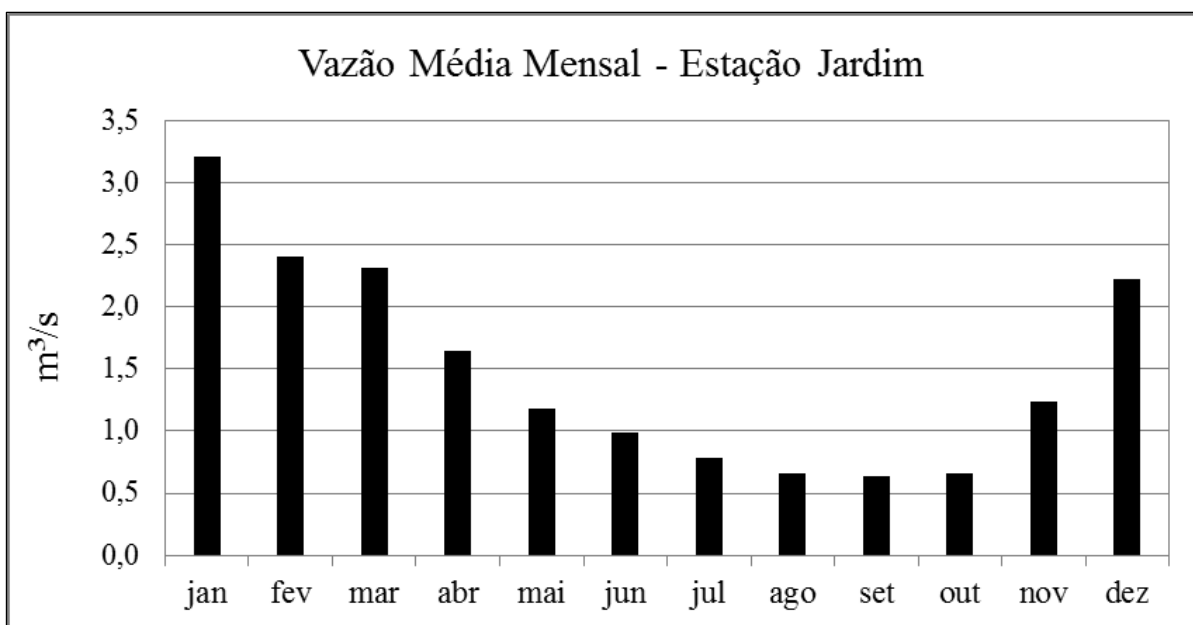


FIGURA 4.11: Vazões médias mensais da estação fluviométrica Jardim (40811100)

4.2.3 Séries climatológicas

Os dados de evapotranspiração utilizados foram derivados dos dados históricos diários do tanque evaporimétrico da estação climatológica Alto da Boa Vista (2044021), disponíveis na plataforma HidroWeb.

O tanque evaporimétrico é um evaporímetro, equipamento que mede diretamente o potencial evaporativo da atmosfera. O tanque classe A é o tipo de evaporímetro mais empregado, tratando-se de um tanque circular metálico contendo água, disposto sobre estrado de madeira, sendo a evaporação calculada a partir do rebaixamento da altura da lâmina d'água. Por ter dimensões reduzidas, ser constituído de material condutor de energia térmica, acúmulo de energia, entre outros fatores, o tanque evaporimétrico superestima a evaporação real na bacia, sendo necessário multiplicar os valores observados no tanque por um coeficiente (k_{tanque}) que normalmente varia de 0,6 a 0,8 (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988; PAZ, 2004).

A combinação da capacidade de evaporação da umidade do solo com a capacidade de transpiração da vegetação resulta na evapotranspiração potencial (ETP, também chamada de evapotranspiração de referência), sendo que os mesmos fatores que controlam a evaporação também controlam a evapotranspiração (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988). A evapotranspiração potencial é maior ou igual à evapotranspiração real (ETR), sendo esta a evapotranspiração ocorrida em condições reais de atmosfera e umidade do solo. Por se dispor de poucos dados acerca da ETR, geralmente se utiliza os dados da ETP estimados através de métodos e equipamentos (como o tanque evaporimétrico) e, em seguida, aplica-se relações estabelecidas entre a ETP e a ETR (PAZ, 2004).

Neves (2005), ao estudar a evapotranspiração da bacia de Serra Azul utilizando dados da estação do Alto da Boa Vista, relacionou a evaporação do tanque (E_{tanque}) com a ETP através de um k_{tanque} igual a 0,77, conforme Equação 4.2:

$$\text{Equação 4.2} \quad \mathbf{ETP = } k_{\text{tanque}} \cdot \mathbf{E_{tanque} = 0,77 \cdot E_{tanque}}$$

A série de dados de evapotranspiração analisada corresponde ao período de janeiro de 1988 a dezembro de 2013 (26 anos). Foram encontrados muitos erros e falhas durante o manuseio dos dados, tais como:

- ✓ ausência da leitura do micrômetro no momento anterior ao complemento do volume de água do tanque;
- ✓ ausência de qualquer registro de retirada de volume para evitar o transbordamento em dias chuvosos;
- ✓ alguns registros resultando em valores negativos de evaporação;
- ✓ alguns registros resultando em elevada evaporação diária, chegando ser superior a 100 mm/dia;
- ✓ em alguns anos observou-se a ausência de registros com períodos de 30 dias, fato que pode estar associado a férias ou licenciamento do profissional hidrometrista responsável pelo registro das leituras, ou ainda, manutenção da estação.

Neves (2005) relatou estes mesmos problemas ao utilizar os dados da estação Alto da Boa Vista do período de 1984 a 2002. A autora verificou que na maior parte dos dias a evaporação não superava 10 mm/dia e que o total mensal do tanque girava em torno de 140 mm. Também foram estimados a média de longo termo e o desvio padrão da série de evaporações diárias.

Para o tratamento dos dados de evaporação, será utilizada a mesma metodologia aplicada por Neves (2005), na qual foram descartados os valores diários superiores a 15 mm. As falhas diárias foram preenchidas com a média da evaporação diária no mês. As falhas mensais foram preenchidas com a evaporação média do mês durante toda a série histórica. Por exemplo, as falhas mensais referentes a dezembro foram preenchidas com o valor de 137 mm que corresponde à evaporação mensal média de todos os meses de dezembro no período de 1988 a 2013.

Após a determinação dos valores mensais de evaporação, calculou-se a ETP para a bacia de Serra Azul através da Equação 4.2. No período analisado, a evaporação mensal média foi de 95 mm, sendo que o mês de outubro apresentou a maior média, 116 mm, enquanto o mês de junho ficou com a menor média mensal, de 65 mm. O gráfico da FIGURA 4.12 representa a variação da média dos doze meses do ano.

A TABELA 4.4 apresenta os valores de ETP mensal calculados para o período analisado; a ETP anual para o período de 1977 a 2015 é apresentada na FIGURA 4.13. O ano de maior ETP foi 2007, com 1.365 mm. Já o ano de 1991 apresentou a menor ETP, com o total de 1.012 mm no ano. A média anual no período foi de 1.183 mm.

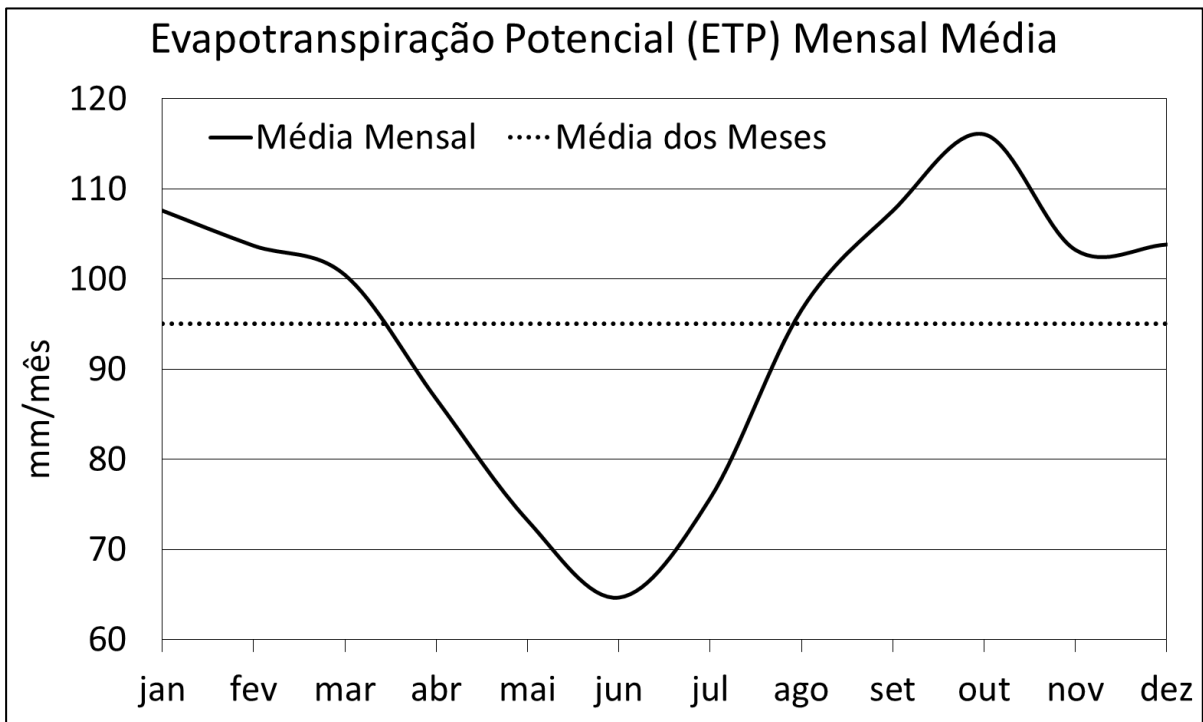


FIGURA 4.12: Variação da evapotranspiração potencial (ETP) mensal média no período de 1976 a 2016 – Estação Alto da Boa Vista (2044021)

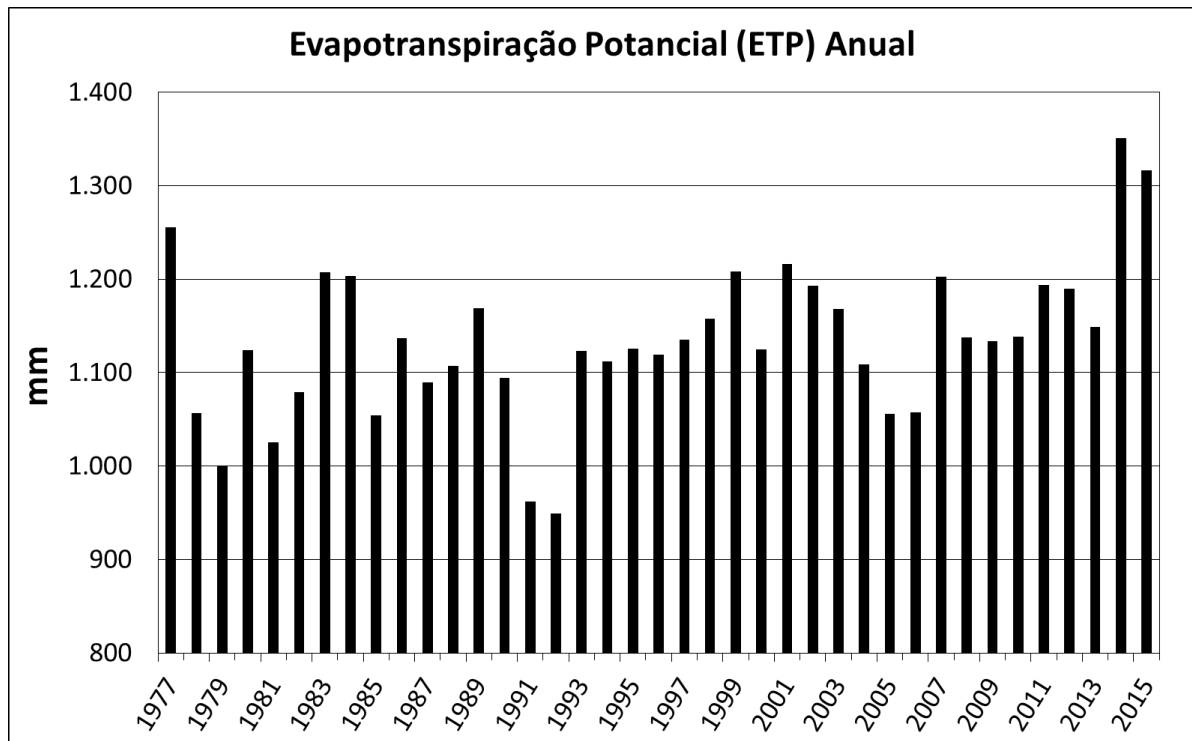


FIGURA 4.13: Evapotranspiração potencial (ETP) anual no período de 1977 a 2015 – Estação Alto da Boa Vista (2044021)

TABELA 4.4: Evapotranspiração potencial ETP mensal (mm) calculada para o período de 1976 a 2016; tanque evaporimétrico – estação climatológica Alto da Boa Vista (2044021)

Ano	Meses												Total
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
1976											106	152	
1977	132	124	121	97	67	60	77	106	115	116	109	131	1.255
1978	117	112	101	76	59	54	59	88	89	118	89	95	1.057
1979	72	66	88	79	68	59	67	83	85	117	111	104	1.000
1980	108	104	107	73	70	59	68	98	97	135	104	101	1.124
1981	77	110	94	80	70	53	78	91	115	79	85	92	1.025
1982	73	105	87	78	59	56	64	93	111	104	126	124	1.079
1983	134	124	120	87	84	64	83	100	89	109	108	106	1.207
1984	139	132	105	87	79	72	81	87	96	118	110	97	1.204
1985	72	104	84	86	70	64	75	95	101	108	103	93	1.054
1986	105	87	99	92	68	74	75	80	114	130	126	88	1.137
1987	101	98	94	81	76	52	69	98	97	133	107	84	1.090
1988	111	75	103	80	92	65	80	99	124	88	98	92	1.107
1989	123	98	100	97	88	61	74	97	108	116	103	104	1.169
1990	122	89	96	81	57	69	70	69	91	112	124	115	1.094
1991	77	87	76	66	51	68	69	100	96	79	97	96	962
1992	73	85	94	78	67	61	67	83	79	90	83	90	949
1993	113	89	113	81	73	58	74	81	104	121	116	100	1.123
1994	80	126	68	81	67	64	73	99	122	128	100	104	1.112
1995	124	89	112	80	62	61	76	104	113	108	96	101	1.126
1996	120	109	95	88	71	72	79	90	86	112	105	93	1.120
1997	108	106	87	76	68	57	72	105	116	126	116	100	1.135
1998	114	111	113	92	76	61	79	93	124	100	85	111	1.158
1999	115	110	110	93	88	72	78	109	123	107	99	104	1.208
2000	105	88	89	91	84	77	75	102	86	145	83	101	1.125
2001	112	116	114	108	85	78	86	102	106	118	103	87	1.216
2002	105	77	109	115	84	76	77	97	99	150	104	99	1.193
2003	88	104	100	87	73	77	85	90	115	125	113	112	1.168
2004	95	73	91	71	67	61	70	103	138	115	125	98	1.109
2005	85	99	73	92	70	59	76	100	98	135	75	95	1.056
2006	133	88	91	81	74	66	76	97	103	91	76	82	1.058
2007	71	89	134	89	80	70	79	108	132	131	97	123	1.203
2008	95	88	109	80	76	65	83	102	110	131	101	97	1.138
2009	94	98	103	84	78	68	82	91	110	110	118	99	1.133
2010	114	125	97	94	67	65	79	110	111	99	66	112	1.139
2011	108	149	92	96	76	69	79	105	116	104	101	101	1.194
2012	99	109	107	88	73	65	76	97	108	116	103	149	1.190
2013	125	115	86	70	75	57	83	103	109	102	120	104	1.149
2014	147	142	114	87	81	70	80	104	140	151	126	109	1.351
2015	163	119	106	105	84	64	78	107	119	148	115	108	1.316
2016	156	130	140	118									
Média	108	104	100	87	73	65	76	97	108	116	103	104	

Obs.: em destaque preenchimentos conforme média mensal

4.2.4 Ensaio sobre a memória da bacia de Serra Azul

O método ESP é aplicado a partir de modelos hidrológicos conceituais e tem como objetivo prever vazões futuras considerando-se o estado presente da bacia hidrográfica. Os modelos conceituais buscam representar as relações de armazenamento e transferência de água na bacia, sendo realizada pelo próprio modelo a atualização do estado do sistema a cada passo de tempo (PINTO, 2005). Portanto, a atualização das condições de armazenamento (umidade do solo) na bacia torna-se uma premissa do método ESP. Assim, para maior entendimento das dinâmicas de armazenamento e transferência do sistema, foi realizado ensaio sobre a memória da bacia estudada.

Entende-se como memória de uma bacia hidrográfica o tempo que uma determinada condição presente é capaz de influenciar o comportamento da bacia no futuro. Para este trabalho, seria o tempo necessário para que uma vazão futura não tenha relação com uma chuva ocorrida no passado. Em outras palavras, seria o tempo em que um dado volume precipitado permanece retido como umidade do solo. Em estudos de modelagem hidrológica, também é importante ter uma ideia da capacidade de memória da bacia a ser simulada, já que esta memória pode influenciar na determinação do período de aquecimento do modelo. No entanto, cabe destacar que o ensaio de memória realizado neste trabalho objetiva apenas uma melhor compreensão da dinâmica de armazenamento e transferência do sistema.

O ensaio de memória consiste na introdução de perturbações nos dados de entrada do modelo, o qual simulará uma série de vazões (série alterada de vazões simuladas - SAV) diferente da série de vazões simulada sem as perturbações (série original de vazões simuladas - SOV). O tempo máximo necessário para que o modelo volte a reproduzir a SOV será considerado como tempo de memória da bacia.

Determinou-se dois limites (um inferior e outro superior) entre os quais as vazões simuladas serão consideradas semelhantes à SOV. Ou seja, quando a SAV se encontrar entre os limites determinados, pode-se considerar que a perturbação promovida já não influencia significativamente as vazões simuladas. A FIGURA 4.14 exemplifica a inserção de uma perturbação na série de precipitações e o retorno da série de vazões simuladas (SAV) para os limites da série original de vazões simuladas (SOV).

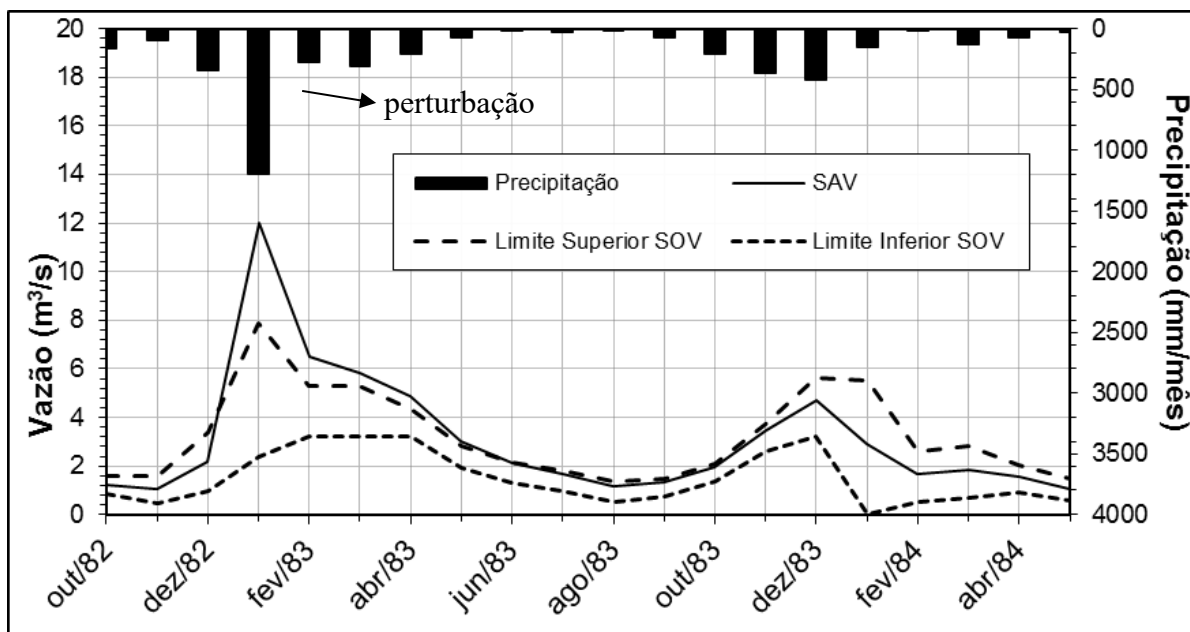


FIGURA 4.14: Exemplo de ensaio de memória da bacia de Serra Azul; perturbação igual a uma precipitação de 1200 mm em janeiro/1983

Para este trabalho, os limites superior e inferior da SOV foram determinados a partir do desvio-padrão dos resíduos da simulação (vazão simulada – vazão observada) para cada mês, sendo os valores apresentados na TABELA 4.5. Os limites superior e inferior da SOV foram determinados somando-se e subtraindo-se (respectivamente) das vazões simuladas a metade do valor do desvio-padrão correspondente a cada mês. Em outras palavras, considerou-se 50% do desvio-padrão para cima e para baixo a partir das vazões simuladas originalmente. Por exemplo, o desvio-padrão dos resíduos da simulação original para o mês de julho foi igual a $0,160 \text{ m}^3/\text{s}$; assim, o limite superior (ou inferior) da SOV para os meses de julho será igual à vazão simulada no mês acrescida (ou subtraída) em $0,080 \text{ m}^3/\text{s}$.

TABELA 4.5: Desvios-padrão mensais (m^3/s) dos resíduos da simulação com dados originais (SOV)

Mês	Desvio-Padrão	Mês	Desvio-Padrão
Jan	0,929	Jul	0,160
Fev	0,503	Ago	0,170
Mar	0,511	Set	0,141
Abr	0,222	Out	0,138
Mai	0,211	Nov	0,279
Jun	0,161	Dez	0,539

O ensaio de memória da bacia foi realizado com a introdução de perturbações nos valores totais da precipitação de um determinado mês escolhido. Estas perturbações foram iguais a:

- (i) **maior precipitação mensal ocorrida nos meses de janeiro acrescida em 50%:** 1.016,5 mm;
- (ii) **maior precipitação mensal ocorrida nos meses de janeiro:** 677,7 mm (ocorrido em janeiro/1991);
- (iii) **menor precipitação mensal ocorrida nos meses de abril:** 8,9 mm (ocorrido em abril/2001); e
- (iv) **menor precipitação mensal ocorrida nos meses de abril reduzida em 50%:** 4,4 mm.

Foram eleitos os meses de janeiro e abril para inserção das perturbações tendo em vista que estes representam o início das simulações das fases de calibração e validação, respectivamente, conforme será explicado na seção 4.2.5. Os ensaios foram realizados para os anos hidrológicos de 1982/83 e 2013/14, por apresentarem maior e menor precipitações anuais, respectivamente. Portanto, realizou-se o total de oito ensaios (quatro tipos de perturbação para os dois anos hidrológicos escolhidos).

4.2.5 Método de calibração e validação

Por se tratar de um modelo simples, contando apenas com dois parâmetros, optou-se pela calibração manual do GR2M. Inicialmente foi utilizado como função objetivo o coeficiente de eficiência de Nash e Sutcliffe (1970), denotado por *NS*. Contudo, este critério considera o quadrado de todas as diferenças calculadas entre as observações e simulações (Equação 3.1), o que acaba priorizando as vazões maiores devido o valor elevado desta diferença (erro absoluto). Assim, as tentativas de calibração não priorizavam as vazões de estiagem, resultando em um viés indesejável.

Desta forma, optou-se por utilizar a função inversa para calibração dos parâmetros, já que esta prioriza os ajustes nas vazões menores em detrimento do ajuste das vazões maiores (TUCCI,

2005), considerando-se que o objetivo deste trabalho é focar na previsão de vazões durante a estiagem, período de maior preocupação para o abastecimento público.

Portanto, a estimação dos parâmetros se deu através da escolha dos coeficientes que resultaram no menor valor da função inversa, dada por:

Equação 4.3

$$F = \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{Q^{obs}} - \frac{1}{Q^{calc}} \right)^2$$

onde N representa o total de passos de tempo utilizados na simulação (neste caso, o total de meses), Q^{obs} é a vazão observada (mm/mês), Q^{calc} é a vazão calculada (mm/mês). O valor ótimo de F é 0, indicando que o modelo representa o sistema perfeitamente, contudo os valores da função podem variar muito entre bacias diferentes, já que seu resultado é influenciado diretamente pela magnitude dos valores observados e calculados.

Sendo assim, para efeitos de comparação com outras aplicações do GR2M e para verificar se o modelo apresentará bom desempenho ao simular o sistema natural, calculou-se também o coeficiente NS . A vantagem do critério de Nash e Sutcliffe é que seu valor é dado em percentual, sendo possível a comparação com outras aplicações do mesmo modelo. Para a finalidade deste trabalho, adotou-se como aceitáveis os valores de NS superiores a 70%.

A análise da qualidade dos resultados obtidos para o par de parâmetros X_1 e X_2 , tanto durante a fase de calibração quanto de validação, será realizada através de:

- análise do critério NS obtido;
- estatística básica sobre resíduos das simulações;
- análise gráfica de:
 - (i) hidrogramas gerados;
 - (ii) correlação entre vazões observadas e simuladas;
 - (iii) distribuição dos resíduos;
 - (iv) dispersão dos resíduos em função das vazões observadas; e
 - (v) curva de permanência.

Utilizou-se os dados de precipitação, ETP e vazão do período de janeiro/1979 a março/2006 (27 anos e 3 meses) na fase de calibração. Para a etapa de validação foram utilizados os dados

correspondentes ao período de abril/2006 a abril/2016 (10 anos e 1 mês). Priorizou-se a etapa de calibração aplicando-se um período mais extenso de dados, assim buscando abranger maior variabilidade de anos hidrológicos. Os períodos utilizados em cada etapa constam na TABELA 4.6.

TABELA 4.6: Etapas de calibração e validação do modelo GR2M

Fase	Período		Total de Meses
	De	Até	
Calibração	jan/1979	mar/2006	327
Validação	abr/2006	abr/2016	121

4.2.6 Análise de sensibilidade e incertezas do modelo

Uma das principais fontes de incertezas da modelagem hidrológica é a definição dos parâmetros do modelo durante a calibração, como visto na seção 3.1.2. Neste trabalho, a sensibilidade e as incertezas do modelo foram analisadas através da Análise de Sensibilidade de Primeira Ordem, conforme Loucks e van Beek (2005), conforme descrito no item 3.2.

Para definição das distribuições de probabilidade dos parâmetros X_1 e X_2 do modelo, foram realizadas 34 rodadas de calibração e validação para cada triênio do período de 1979 a 2014. O primeiro ano hidrológico de cada triênio serviu para aquecimento do modelo, ficando os segundo e terceiro anos para a calibração e validação, respectivamente. Após a obtenção dos 34 pares de valores dos parâmetros, foram ajustadas distribuições gaussianas (normais) para ambos os parâmetros, com o objetivo de se determinar os percentis de 5% e 95% de probabilidade.

A variância (Var) da vazão Q prevista em cada mês, considerando-se as variâncias dos parâmetros do modelo, foi calculada conforme indicado por Loucks e van Beek (2005):

$$\text{Equação 4.4} \quad Var(Q) = \left[\left(\frac{\Delta Q}{\Delta X_1} \right)^2 \cdot Var(X_1) \right] + \left[\left(\frac{\Delta Q}{\Delta X_2} \right)^2 \cdot Var(X_2) \right]$$

onde X_i é cada parâmetro do modelo; ΔQ é a diferença entre as vazões simuladas para os percentis $X_{i\ 95\%}$ e $X_{i\ 5\%}$; ΔX_i é a diferença entre $X_{i\ 95\%}$ e $X_{i\ 5\%}$; e $Var(X_i)$ é a variância de cada

parâmetro. A partir disto foi possível calcular o intervalo de confiança com 90% de probabilidade em torno da vazão simulada, conforme segue:

$$\text{Equação 4.5} \quad Q(X_1; X_2) \pm 1,645\sqrt{\text{Var}(Q)}$$

Na Equação 4.4, o primeiro termo da soma representa a parcela da variância da vazão simulada atribuída ao parâmetro X_1 . Por sua vez, o segundo termo da soma corresponde à parcela da variância da vazão simulada atribuída ao parâmetro X_2 . Desta forma é possível avaliar qual dos parâmetros possui maior influência sobre os resultados do modelo.

Os intervalos de incerteza foram gerados para simulações realizadas para os anos hidrológicos de 2004/05, 2010/11 e 2015/16. A escolha destes anos se deu em função das previsões de vazão realizadas conforme item 4.3.

4.3 Previsão hidrológica através do método ESP

As previsões foram realizadas através do método ESP, tratado na seção 3.4.3. Para geração dos membros da previsão pelo método ESP, utilizou-se o modelo GR2M calibrado para a bacia do reservatório de Serra Azul simulando-se as vazões até o dia anterior ao início da previsão. Os resultados obtidos para o passo de tempo anterior à previsão foram comparados com dados observados. Os valores iniciais dos reservatórios S e R foram reajustados a fim de que os valores simulados, no dia anterior ao início da previsão, apresentassem a maior proximidade possível dos dados observados, sendo assim estabelecidas as condições iniciais da previsão.

Em seguida, gerou-se os membros do ESP conforme os parâmetros obtidos durante a calibração e as séries históricas de precipitação e evapotranspiração. Utilizou-se o período de outubro/1979 a setembro/2015 para geração dos membros, resultando em 35 anos de dados observados (36 anos de série histórica, excluindo-se os dados observados no próprio ano para o qual será realizada a previsão). Assim, para cada ano hidrológico, realizou-se um *hindcast* com previsões mensais (de outubro a setembro). Ou seja, para cada um dos 36 anos hidrológicos (período 1979-2015) foram realizadas “previsões” mensais com 35 membros gerados a partir dos dados observados nos demais anos. A FIGURA 4.15 apresenta as etapas do método de previsão, envolvendo as atividades de simulação, geração de membros e análise estatística dos conjuntos.

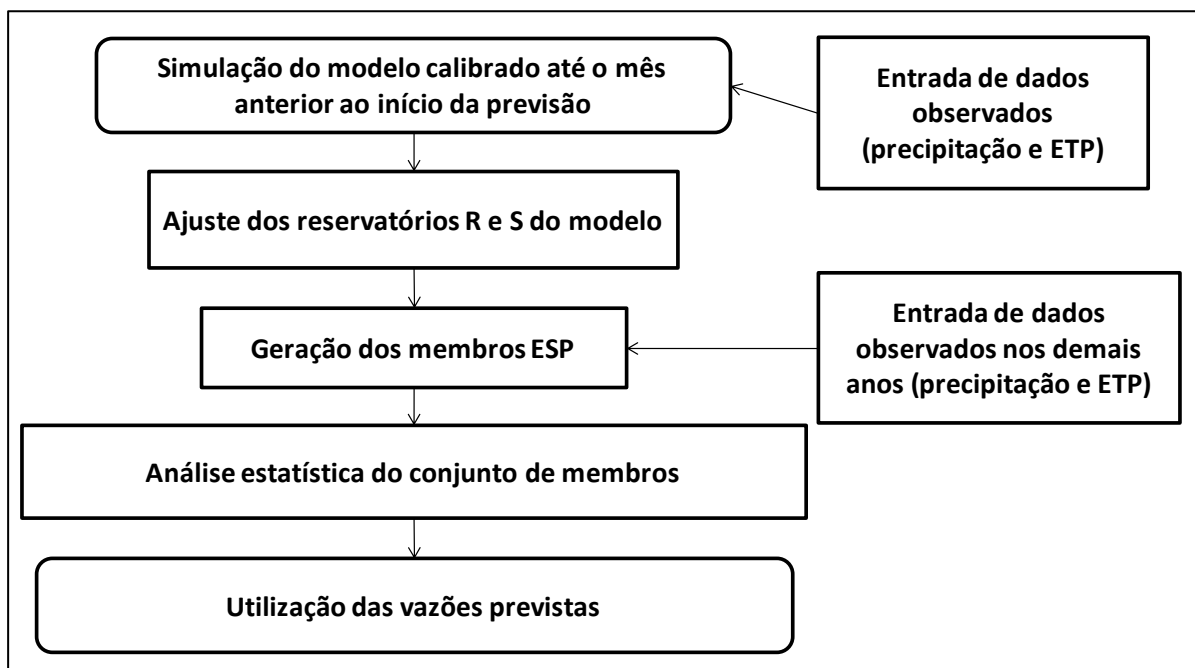


FIGURA 4.15: Etapas do método de previsão por conjunto (ESP)

4.3.1 Estatística convencional de verificação da previsão

Neste trabalho, utilizou-se os métodos convencionais de verificação de previsão conforme apresentado no item 3.4.4. Considerou-se a média, a mediana, o membro de menor erro e a vazão simulada a partir dos dados históricos observados no período de previsão (denominado como membro histórico). O membro de menor erro foi definido através da soma do quadrado dos erros entre os valores de cada membro e os valores observados.

4.3.2 Métodos probabilísticos de verificação da previsão

Para verificação da previsão também foram utilizados métodos probabilísticos, também apresentados no item 3.4.4. Os diagramas de confiabilidade e ROC são métodos de verificação de eventos discretos, embora as vazões previstas sejam variáveis contínuas. Portanto, torna-se necessário definir um evento discreto que, neste trabalho, é a quantidade de vezes em que a vazão excedeu um determinado limiar.

Para este trabalho optou-se por avaliar os atributos de confiança e discriminação das previsões realizadas. Foram definidos como limiares as vazões com 25%, 50% e 75% de probabilidade de não-excedência dentre as vazões observadas, sendo, respectivamente, 0,663 m³/s, 1,135 m³/s e 1,966 m³/s.

Considerando que o tamanho da amostra (total de anos de *hindcasts*) não é muito grande (35 anos), para a elaboração do diagrama de confiabilidade, optou-se por agrupar as previsões em apenas três intervalos discretos de probabilidade. Para os diagramas ROC considerou-se seis intervalos de classe.

Utilizou-se o *software* Ensemble Verification System – EVS, desenvolvido pelo U. S. National Weather Service (NWS/NOAA), para cálculo dos gráficos e verificação probabilística da previsão.

4.3.3 Previsão por reamostragem dos anos hidrológicos conforme fase ENOS

Visando a redução da variabilidade climática dos dados hidrometeorológicos utilizados no método ESP, foram realizadas também previsões cujos dados de entrada do modelo foram reamostrados conforme as fases do fenômeno ENOS.

Considerando a série do SOI para o período de 1979 a 2016, cada mês (M0) foi classificado conforme a média móvel do trimestre (M-1; M0; M+1), conforme segue:

- Mês de fase Quente (Q): média móvel SOI < -0,5;
- Mês de fase Neutra (N): $-0,5 \leq \text{média móvel SOI} \leq 0,5$;
- Mês de fase Fria (F): média móvel SOI > 0,5.

Em seguida classificou-se os anos hidrológicos conforme os meses do semestre chuvoso (outubro a abril), considerando a premissa de que o regime hidrológico desse período é determinante para o escoamento superficial durante o período de estiagem. Caso o semestre chuvoso tenha apresentado ao menos quatro meses classificados como Q ou F, então o ano também foi classificado como Q ou F, caso contrário o ano foi classificado como N. O

APÊNDICE A apresenta tabela com a classificação realizada para cada mês e para os anos hidrológicos.

A partir de então, procedeu-se com o método de previsão por reamostragem para três anos hidrológicos representativos das três fases do ENOS: 2004 (N), 2010 (F) e 2015 (Q). Em cada horizonte de previsão, considerou-se apenas os membros pertencentes a anos com a mesma classificação de fase do ano de previsão. Por exemplo, para prever a vazão do mês de dezembro/2015, ano este considerado como de fase quente (Q), foram utilizados como membros apenas os meses de dezembro classificados também como de fase quente (Q).

4.4 Balanço hídrico do reservatório de Serra Azul

O modelo de balanço hídrico proposto para este estudo é dado pela Equação 4.6 e pela Equação 4.7:

Equação 4.6
$$V_{final} = V_{inicial} + S$$

Equação 4.7
$$S = V_a + P - E - \frac{(V_{inicial}^k)}{10^6} - V_{residual} - V_{aduzido} - V_{vertido}$$

onde V_{final} é o volume do reservatório no fim do mês, $V_{inicial}$ é o volume do reservatório no início do mês, S é a variação mensal do volume do reservatório, V_a é o volume mensal de afluência, P é o volume mensal precipitado sobre o reservatório, E é o volume mensal perdido pelo reservatório através da evaporação, k é uma constante de perdas a ser calibrada, $V_{residual}$ é o volume mensal dedicado à vazão residual (vazão mínima a ser mantida a jusante do barramento), $V_{aduzido}$ é o volume mensalmente aduzido para abastecimento público e $V_{vertido}$ é o volume total vertido no mês. Como não há monitoramento dos volumes perdidos por infiltração, optou-se pela adoção do fator de perdas $V_{inicial}^k$ (obtido empiricamente), com o intuito de que este representa o volume infiltrado e outras possíveis perdas não identificadas.

O reservatório de Serra Azul é formado pelo barramento do ribeirão que dá nome ao reservatório. Segundo informações fornecidas pela COPASA, a barragem apresenta a altura de 52 m, com coroamento da crista na elevação 765,50 m. Seu vertedor é livre com soleira na elevação 760,00 m, tendo capacidade de verter no máximo 325 m³/s. A elevação do nível máximo operacional é a mesma da soleira do vertedor. Já o nível máximo maximorum está

estabelecido na elevação 763,90 m. O nível mínimo operacional do reservatório encontra-se na elevação 745,00 m e o fundo na elevação 720,00 m.

Para modelar o balanço hídrico, utilizou-se os dados de elevação (NA), área e volume fornecidos pela COPASA e que constam na TABELA 4.7. Através destes dados foram realizadas interpolações lineares para definição do NA em função do volume (FIGURA 4.16), do NA em função da área (FIGURA 4.17) e da área em função do volume (FIGURA 4.18). Também foram fornecidos pela empresa os níveis característicos da barragem, que constam na TABELA 4.8.

TABELA 4.7: Relações entre NA, área e volume do reservatório de Serra Azul. Fonte: COPASA (2014)

NA (m)	ÁREA (km ²)	VOLUME (hm ³)	NA (m)	ÁREA (km ²)	VOLUME (hm ³)	NA (m)	ÁREA (km ²)	VOLUME (hm ³)
738	1,18	4,95	746	2,76	20,22	754	5,14	51,08
739	1,36	6,22	747	2,99	23,10	755	5,47	56,38
740	1,50	7,65	748	3,24	26,22	756	5,84	62,04
741	1,70	9,25	749	3,53	29,60	757	6,26	68,09
742	1,88	11,04	750	3,82	33,28	758	6,79	74,61
743	2,07	13,00	751	4,10	37,24	759	7,14	81,58
744	2,30	15,19	752	4,43	41,50	760	7,55	88,92
745	2,51	17,59	753	4,79	46,11	761	8,02	96,71

TABELA 4.8: Características da barragem do reservatório de Serra Azul. Fonte: COPASA

Altura da barragem	52 m
Cota do coroamento da crista da barragem	765,5 m
Cota da soleira do vertedor	760 m
Nível d'água máximo normal operacional	760 m
Nível d'água mínimo normal operacional	745 m
Nível d'água máximo maximorum	763,9 m
Descarga máxima do vertedor	325 m ³ /s
Cota de Fundo	720 m

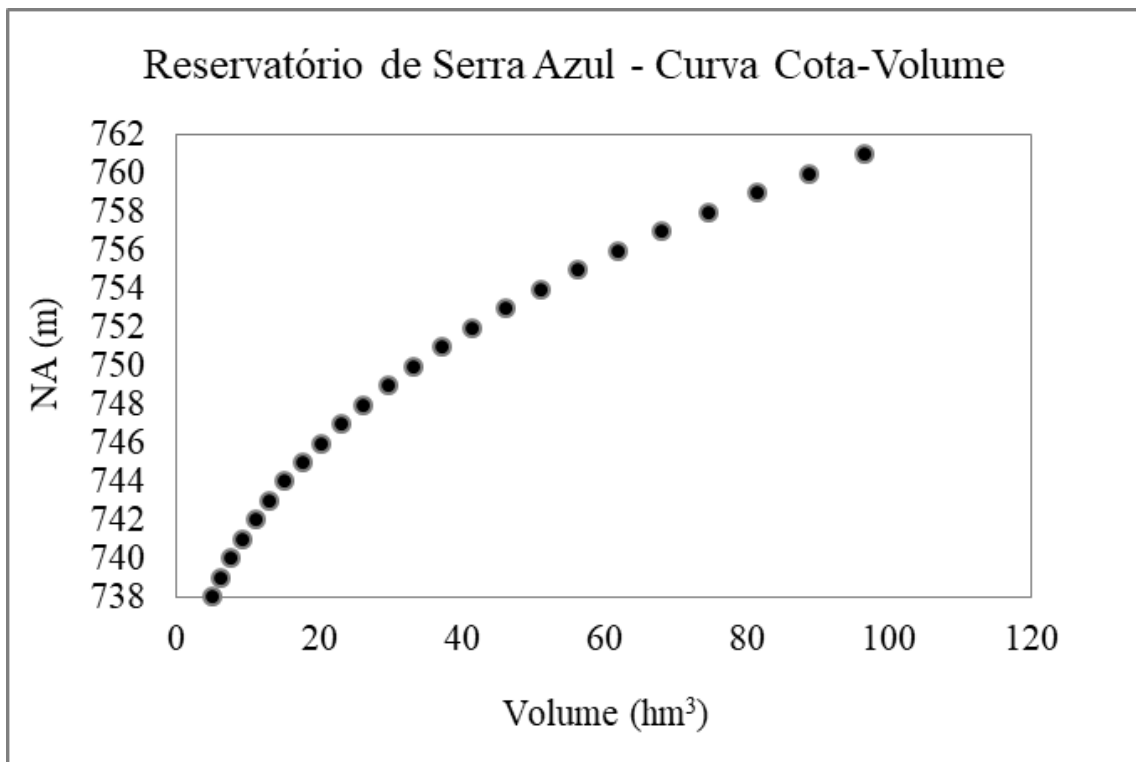


FIGURA 4.16: Elevação do NA (m) do reservatório em função de seu volume (hm³)

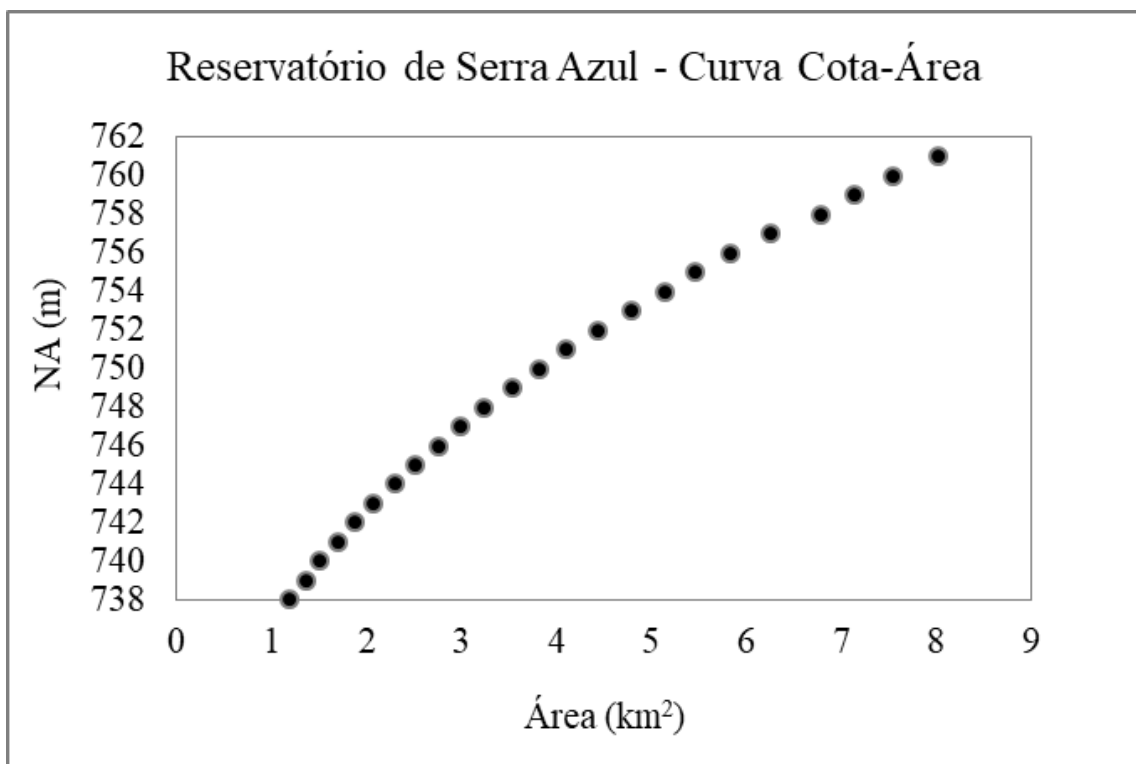


FIGURA 4.17: Elevação do NA (m) do reservatório em função de sua área (km²)

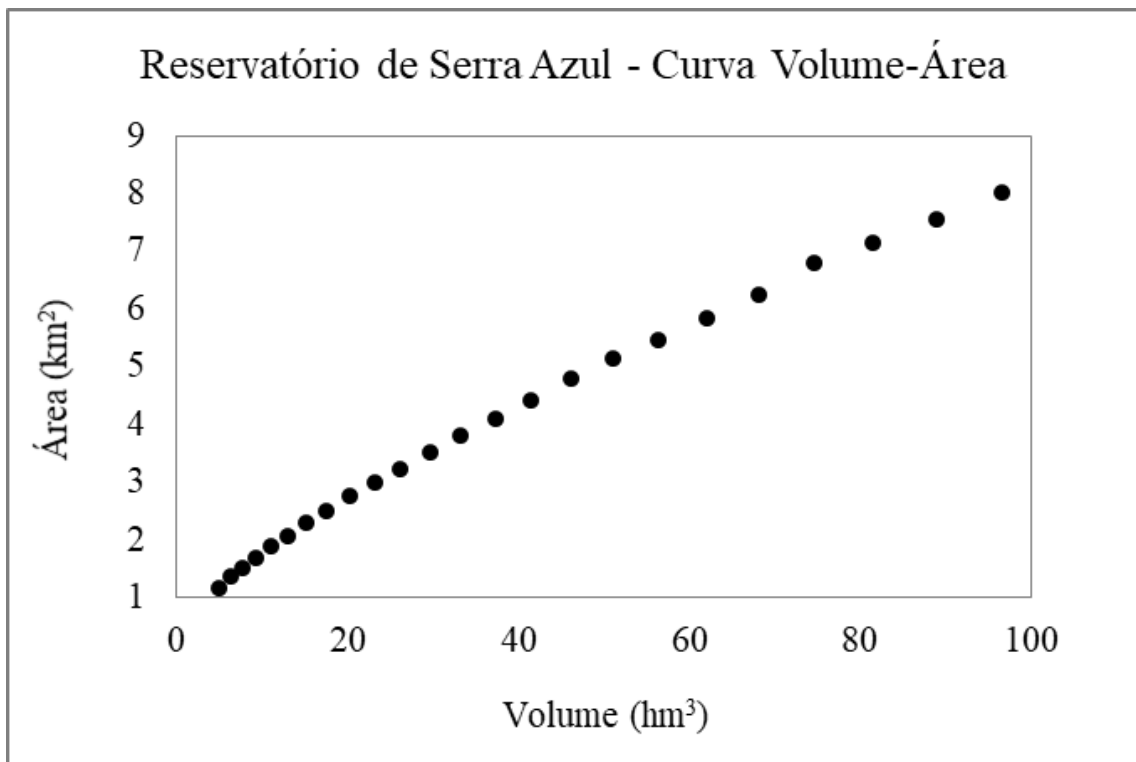


FIGURA 4.18: Área do reservatório (km²) em função de seu volume (hm³)

De acordo com informações da COPASA, o reservatório deve manter uma vazão residual de 0,33 m³/s, portanto considerou-se este valor para se determinar a $V_{residual}$ de cada mês. O valor de V_a foi calculado através das vazões do ribeirão Serra Azul, que apresenta uma área de drenagem de 113 km². Considerando que a bacia do reservatório possui 261 km², estimou-se por proporção as vazões afluentes ao reservatório, ou seja, multiplicou-se as vazões do ribeirão Serra Azul por 2,3097 (igual a 261/113).

O $V_{vertido}$ foi estimado de acordo com a variação do volume do reservatório e o volume máximo de armazenamento definido pela elevação da soleira do vertedor (760 m). Os valores de P foram obtidos através da série histórica da estação pluviométrica Fazenda Curralinho (2044024), pois essa estação apresenta maior representatividade para a área do reservatório, conforme polígonos de Thiessen definidos no item 4.2.1. Os valores de E e $V_{aduzido}$ foram fornecidos pela COPASA para o período de janeiro/1991 a março/2014. Considerou-se também os dados do monitoramento mensal do volume do reservatório disponíveis no *site* da COPASA (www.copasa.com.br). As séries de variação de NA do reservatório e de vazão aduzida são apresentadas, respectivamente, na FIGURA 4.19 e na FIGURA 4.20. Percebe-se que a série de NAs apresenta falhas entre 1996 e 1997, em 2000 e 2002. Também pode-se notar uma queda acentuada das vazões aduzidas entre 1996 e 1998, seguida por uma variação entre 1 e 2 m³/s

(de 1998 a 2007) e posteriormente por uma tendência de crescimento entre os anos de 2008 a 2014.

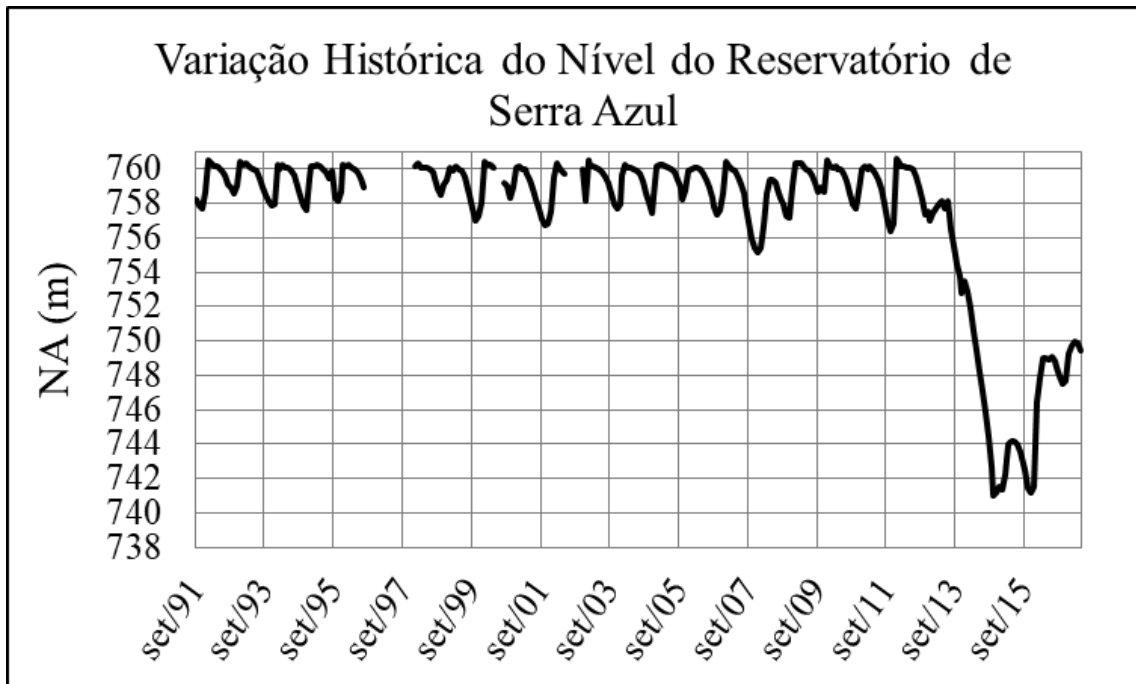


FIGURA 4.19: Variação mensal do NA do reservatório de Serra Azul

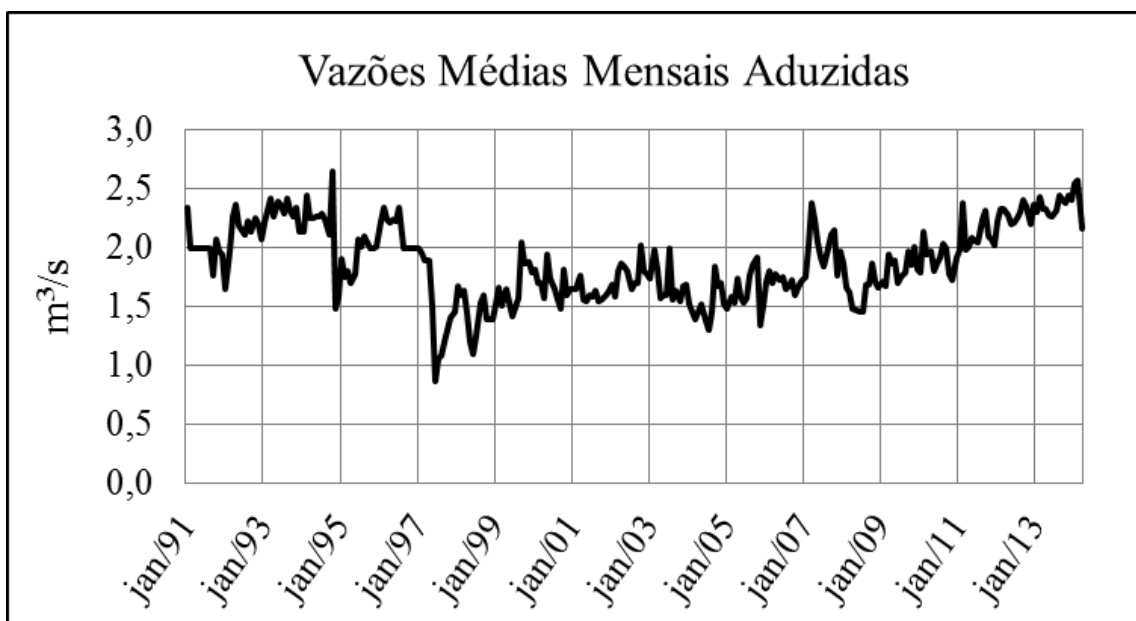


FIGURA 4.20: Médias mensais das vazões aduzidas do nível do reservatório de Serra Azul

Para a determinação das variáveis do modelo de balanço hídrico, e conversão dos valores de volume para NA, procedeu-se com a interpolação dos valores das curvas cota-volume, cota-área e volume-área.

Realizou-se a calibração do parâmetro k para o período de janeiro/2003 a março/2014 (135 meses) utilizando-se o coeficiente de eficiência NS (NASH; SUTCLIFFE, 1970), semelhantemente ao que foi explicado na seção 4.2.5, contudo utilizando-se os valores do nível de água como variáveis observadas e calculadas (simuladas). Para validação do balanço hídrico, foram utilizados os dados referentes ao período de setembro/1991 a julho/1996 (59 meses).

4.5 A previsão hidrológica no planejamento e na operação do reservatório de Serra Azul

Grande parte das informações sobre a operação do reservatório de Serra Azul foram obtidas através de reuniões com técnicos da COPASA. Embora o reservatório possua vertedor livre (sem operação do volume vertido) há a operação do sistema de captação de água por meio das comportas que equipam a torre de tomada de água. Embora seu tratamento da água captada seja simplificado, sabe-se que o custo final do tratamento e distribuição da água do Serra Azul é superior ao custo dos demais mananciais que abastecem a RMBH, fato que se deve ao gasto energético com bombeamento. Também é de conhecimento que níveis muito baixos em reservatórios resultam na redução da qualidade da água, o que também eleva o custo de tratamento, levando a companhia a reduzir as vazões captadas em Serra Azul.

A partir de uma dada condição inicial do volume armazenado, dada pela elevação do nível d'água (NA), serão elaborados conjuntos de cenários a fim de se prever o nível do reservatório ao final do período de estiagem. Para tal, o volume total do reservatório foi dividido, arbitrariamente, em três zonas:

Vazio: $NA (m) \leq 750 m$

Médio: $750 m < NA (m) \leq 755 m$

Cheio: $755 m < NA (m)$

Foram realizadas simulações com as vazões de 10%, 50% e 90% de probabilidade de excedência considerando, em cada caso, quatro níveis (elevações do NA) hipotéticas definidas

arbitrariamente para o primeiro mês de previsão: 745 m (20% V.U.), 750 m (37% V.U.), 755 m (64% V.U.) e 760 m (100% V.U.).

Procedeu-se à simulação do balanço hídrico com vazões previstas para os anos hidrológicos de 2004/05, 2010/11 e 2015/16, considerando-se previsões com e sem reamostragem.

Foi realizado teste de Kolmogorov-Smirnov para o ajuste da distribuição log-normal às vazões dos membros ESP em cada mês de previsão. Assim, a probabilidade de excedência das vazões foi determinada através da distribuição log-normal, para os casos que o teste não resultou em rejeição, e através da distribuição empírica, nos casos de rejeição.

A FIGURA 4.21 esquematiza as etapas do método de previsão do nível do reservatório a partir das vazões afluentes previstas. Primeiramente, são definidas as probabilidades de excedência conforme interesse da previsão e risco a ser assumido. Procede-se com a previsão das vazões, as quais serão utilizadas no modelo de balanço hídrico do reservatório. Também é determinada a evaporação média mensal para o período de previsão, que pode ser baseada em dados de monitoramento ou resultados de previsões climáticas.

Em seguida, são definidas diferentes condições iniciais de armazenamento do reservatório, as quais podem variar conforme capacidade volumétrica, operação, risco de desabastecimento, qualidade da água, entre outros aspectos. São também definidas diferentes faixas de vazões de adução, determinadas conforme capacidade de captação e interesse da operação.

Dando prosseguimento, é realizada a calibração do balanço hídrico, podendo-se utilizar métodos de calibração como o de Nash e Sutcliffe (1970), e a simulação do balanço hídrico até o horizonte de previsão pretendido. Desta forma, para cada horizonte de previsão, tem-se a simulação do estado do reservatório considerando-se uma dada vazão prevista, uma determinada condição inicial do reservatório e uma vazão de adução (captação) constante.

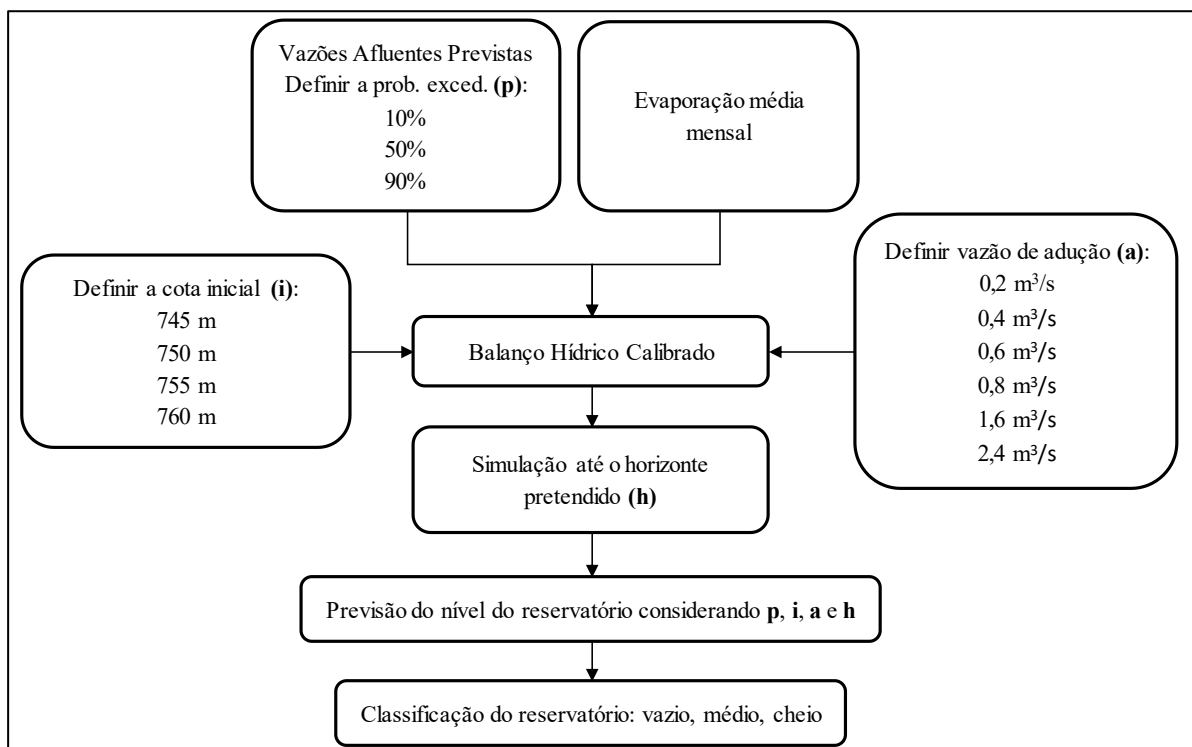


FIGURA 4.21: Esquema de simulações com diferentes probabilidades de excedência, NAs iniciais do reservatório, vazões de adução e horizontes de previsão.

Neste estudo, utilizaram-se vazões previstas com 10%, 50% e 90% de probabilidade de excedência. O volume final previsto do reservatório foi comparado com o volume final observado. O mesmo procedimento foi realizado para seis vazões de adução constantes: 0,2 m³/s, 0,4 m³/s, 0,6 m³/s, 0,8 m³/s, 1,6 m³/s e 2,4 m³/s. Os resultados também foram classificados dentre as frações do volume do reservatório de vazio, médio e cheio.

Assim, a partir das simulações realizadas, espera-se que este método forneça aos operadores do reservatório um conjunto de informações que sejam suficientes para a determinação das vazões a serem aduzidas, com o objetivo de evitar o esvaziamento excessivo do reservatório e consequente redução da qualidade de sua água.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Ensaio sobre a memória da bacia

Os tempos de memória, calculados de acordo com a seção 4.2.4, apresentaram maior variação no ano seco de 2013/14, com memória mínima de 1 mês e máxima de 22 meses. No ano chuvoso de 1982/83, o tempo de memória variou entre 5 e 12 meses, conforme apresentado na TABELA 5.1.

Para perturbações de elevada precipitação (janeiro), o ano hidrológico de 2013/14 apresentou maior memória que o ano de 1982/83. Isto ocorre pois 2013/14 foi um ano seco, com vazões abaixo da média, portanto sendo mais sensível a grandes precipitações. Por outro lado, o ano de 1982/83 apresentou maior memória para perturbações de baixa precipitação, já que se trata de um ano chuvoso com forte perturbação de redução da precipitação no mês de abril.

TABELA 5.1: Resultados do ensaio sobre a memória da bacia, conforme perturbação, mês e ano hidrológico

Perturbação Criada		Tempo de memória (meses)	
Mês	Precipitação (mm)	1982/83	2013/14
janeiro	1016,5	12	22
janeiro	677,7	5	19
abril	8,9	9	1
abril	4,4	9	1

Os resultados apresentados indicam que, para a bacia estudada, os eventos de precipitação de um mês podem influenciar as vazões por mais de um ano hidrológico. Para este caso, métodos de previsão que não consideram o estado de armazenamento da bacia hidrográfica estão sujeitos a variações da vazão prevista em função deste armazenamento, o que pode elevar a incerteza da previsão. No caso da utilização do método ESP, torna-se possível simular a condição de armazenamento de água da bacia, a qual é calculada a cada passo de tempo da simulação, podendo assim reduzir as incertezas e erros da previsão.

Conforme resultados apresentados, o ideal para a bacia de Serra Azul seria a utilização de períodos de aquecimento do modelo não inferiores a 22 meses, tanto para a fase de calibração quanto para a fase de validação. Contudo, considerou-se razoável adotar o tempo de 12 meses

para período de aquecimento, tendo em vista que o tempo de memória só ultrapassou este período nos casos extremos, e pouco prováveis, de ocorrência de meses excepcionalmente chuvosos durante anos secos.

5.2 Calibração do GR2M na bacia do reservatório Serra Azul

Como já explicado no item 4.2.5, a calibração do modelo se deu de forma manual tendo como função objetivo a função inversa F (Equação 4.3). Inicialmente verificou-se, em tentativas aleatórias, que as vazões simuladas apresentavam maior proximidade das vazões observadas quando $7,00 < X_1 < 9,00$ e quando $0,5 < X_2 < 0,9$.

Em seguida foram realizadas quatro séries de simulações com diversos valores para X_1 e X_2 , aumentando a resolução das tentativas da 1ª etapa (menor resolução) até a 4ª etapa (maior resolução). Foram computados os respectivos valores de F para cada uma das tentativas. A TABELA 5.2 resume os limites mínimo e máximo das tentativas para cada etapa da calibração, bem como seus valores de variação.

TABELA 5.2: Detalhamento das quatro etapas de calibração dos parâmetros X_1 e X_2 do modelo GR2M

Etapa	X_1		X_2	
	Intervalo	Variação	Intervalo	Variação
1ª	de 0,00 a 10,00	1,00	de 0,08 a 0,88	0,16
2ª	de 7,75 a 10,00	0,25	de 0,48 a 0,88	0,08
3ª	de 7,75 a 8,75	0,10	de 0,62 a 0,80	0,02
4ª	de 8,42 a 8,55	0,01	de 0,63 a 0,68	0,01

Na primeira etapa os valores de X_1 variaram de 0,00 a 10,00, em incrementos de 1,00, e os valores de X_2 variaram de 0,08 a 0,88, em incrementos de 0,16. A FIGURA 5.1 apresenta os resultados plotados em gráfico de área em função dos dois parâmetros.

Tendo em vista que o valor mínimo F na primeira etapa se encontra nos intervalos $7,75 < X_1 < 10,00$ e $0,48 < X_2 < 0,88$, utilizou-se estes para a realização da segunda etapa, desta vez com incrementos de 0,25 para X_1 e 0,08 para X_2 . A FIGURA 5.2 apresenta gráfico com os resultados da segunda etapa.

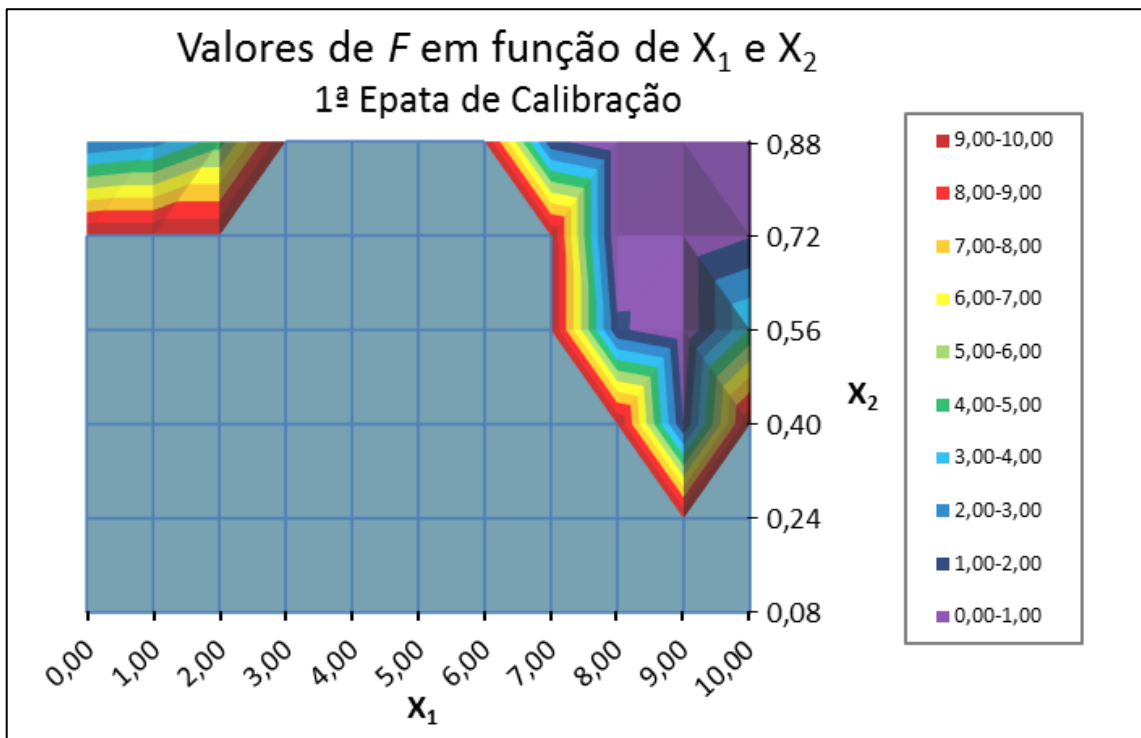


FIGURA 5.1: Primeira etapa de calibração; variação: $0,00 < X_1 < 10,00$ e $0,08 < X_2 < 0,88$

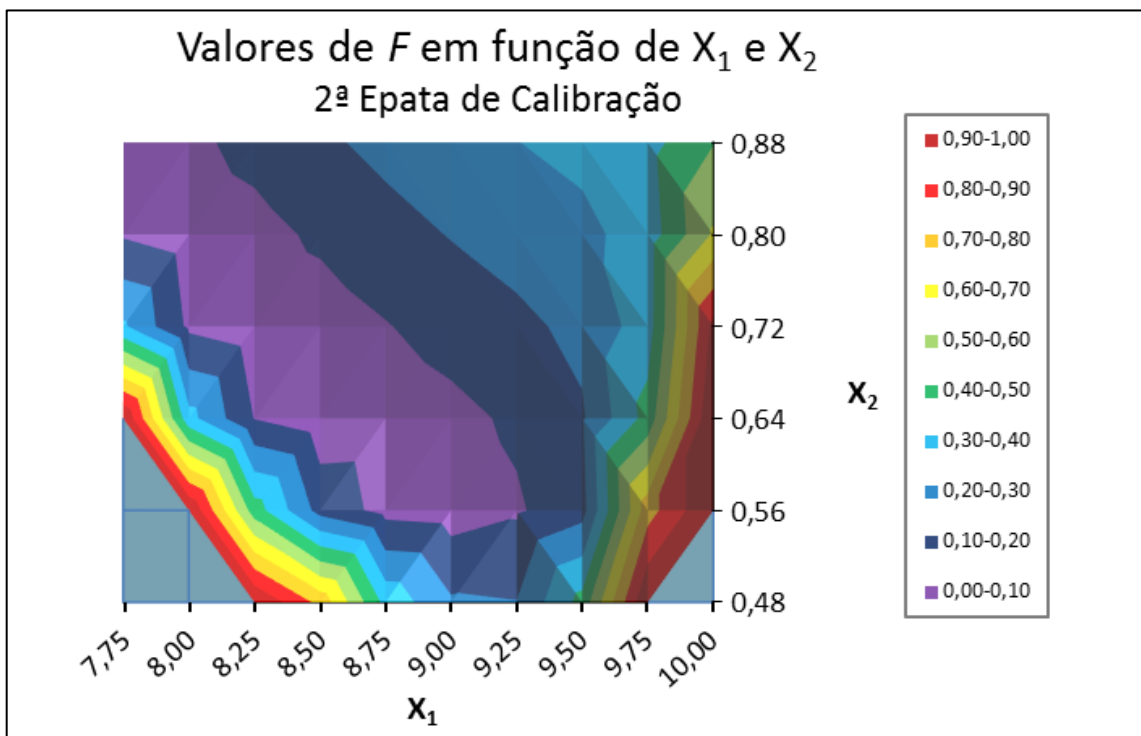


FIGURA 5.2: Segunda etapa de calibração; variação: $7,75 < X_1 < 10,00$ e $0,48 < X_2 < 0,88$

As etapas três e quatro seguiram o mesmo procedimento, até que se resultasse no menor valor de F , considerando valores de X_1 e X_2 com precisão de quatro casas decimais. Os resultados da

3ª e da 4ª etapas foram plotados nos gráficos que constam nas figuras FIGURA 5.3 e FIGURA 5.4, respectivamente.

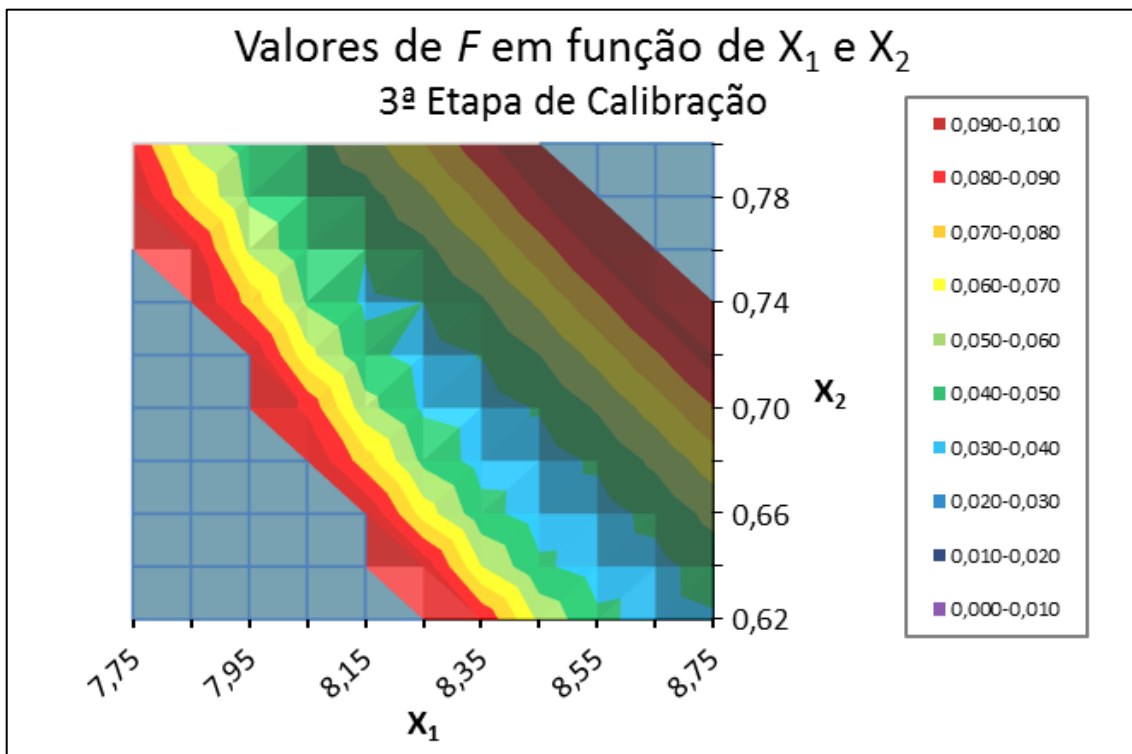


FIGURA 5.3: Terceira etapa de calibração; variação: $7,75 < X_1 < 8,75$ e $0,62 < X_2 < 0,80$

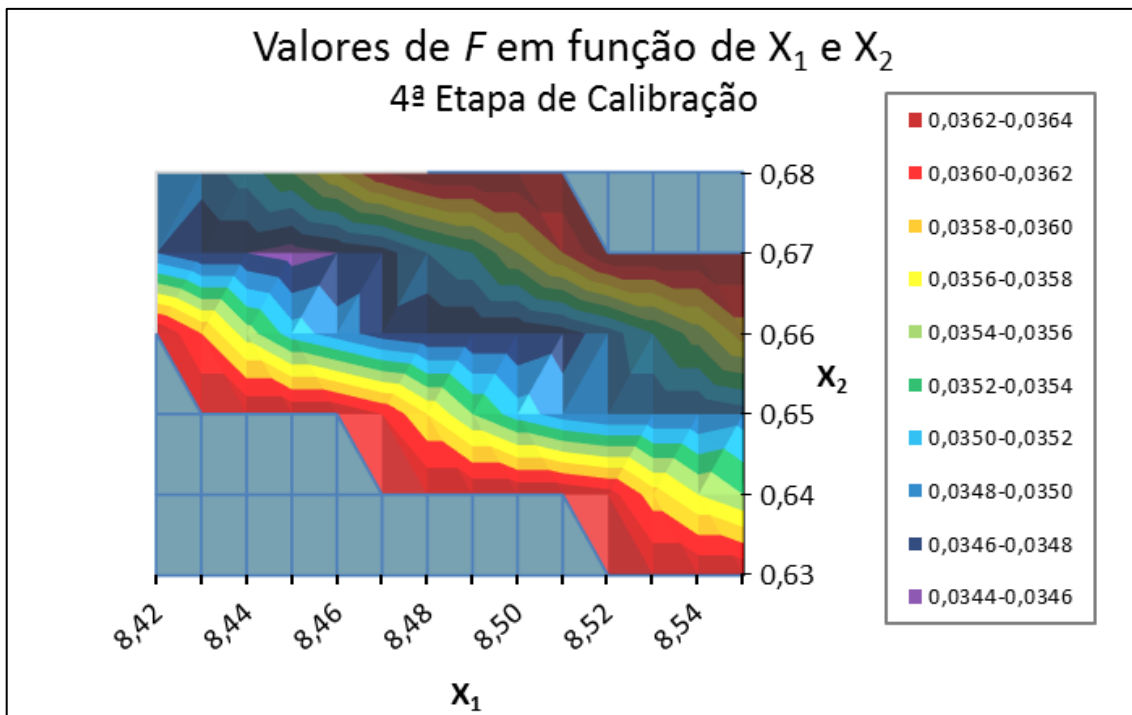


FIGURA 5.4: Quarta etapa de calibração; variação: $8,42 < X_1 < 8,55$ e $0,63 < X_2 < 0,68$

Os valores de X_1 e X_2 que resultaram no menor valor da função objetivo ($F = 0,0343$) foram, respectivamente, 8,45 e 0,67. Para os parâmetros calibrados, o critério NS obtido foi de 87,11%, portanto sendo considerado aceitável para o par de parâmetros calibrados.

O hidrograma resultante da etapa de calibração, para o período de janeiro/1979 a março/2006, consta na FIGURA 5.5. Observa-se que o hidrograma simulado apresenta boa aderência ao hidrograma observado, tanto para as vazões baixas quanto para vazões altas.

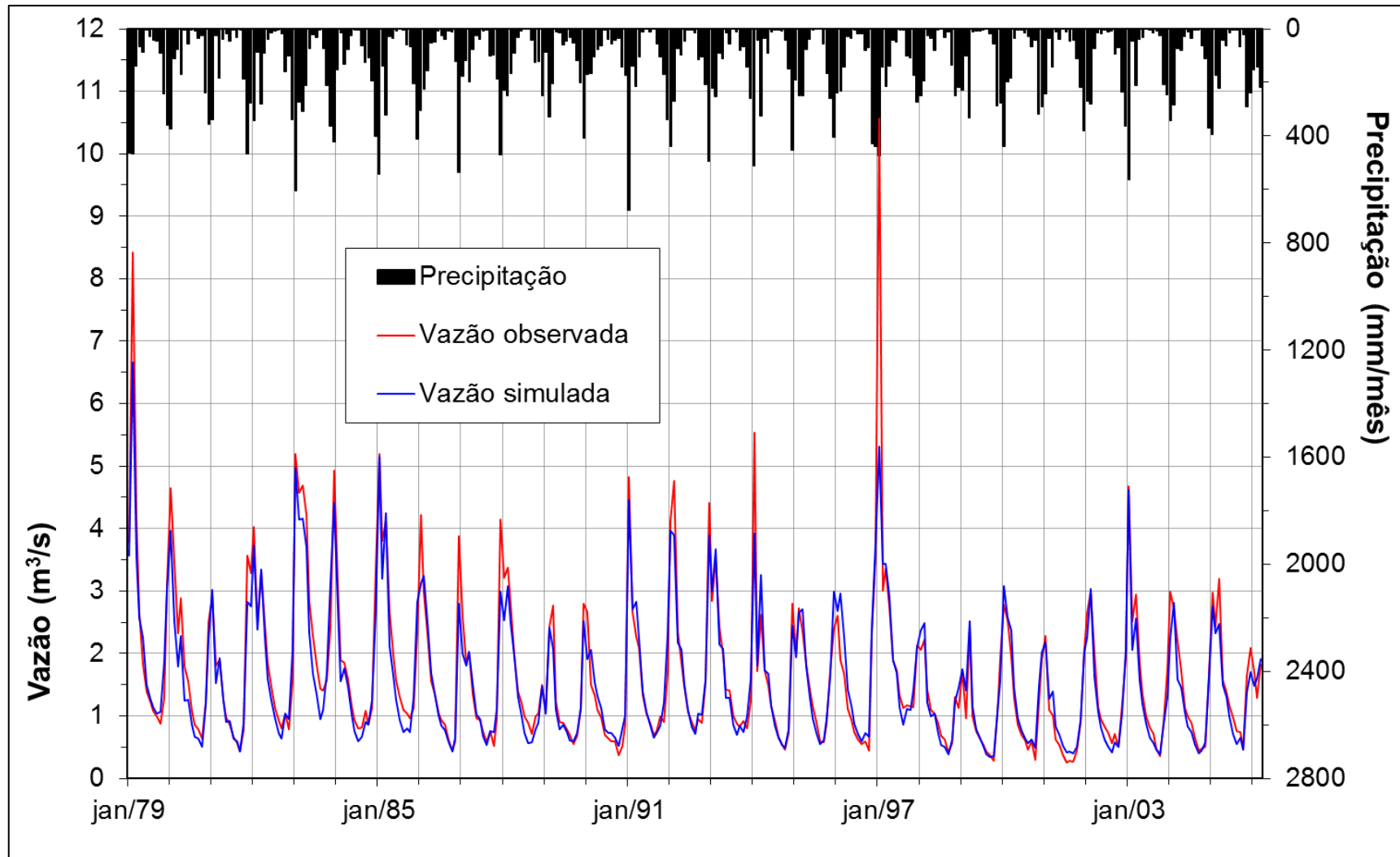


FIGURA 5.5: Hidrograma resultante da simulação do modelo para o período de calibração, de janeiro/1979 a março/2006

A relação entre as vazões observadas e simuladas durante a calibração é expressa pela reta em linha pontilhada apresentada no gráfico da FIGURA 5.6, com um coeficiente de determinação R^2 igual a 0,8869, apontando para um pequeno viés. A linha contínua apenas representa a reta 1:1 que serve de referência como uma simulação perfeita, com R^2 igual a 1. Percebe-se uma subestimação das vazões de pico, resultando em um coeficiente angular de 0,7992, o que se torna perceptível no gráfico da figura FIGURA 5.5. Esta subestimação dos picos também se observou nos resultados obtidos por Mouelhi et al. (2006) nas simulações realizadas com o GR2M para a bacia do rio Leaf, no Mississippi (EUA). Neste caso, os autores calibraram o modelo através do critério de Nash e Sutcliffe (1970).

Para este estudo, considerou-se a subestimação das vazões de pico como aceitável, uma vez que as vazões de estiagem apresentam maior importância para sistemas de reservação e abastecimento. Além disso, o modelo foi calibrado por função que prioriza o ajuste às vazões mínimas em detrimento das vazões máximas.

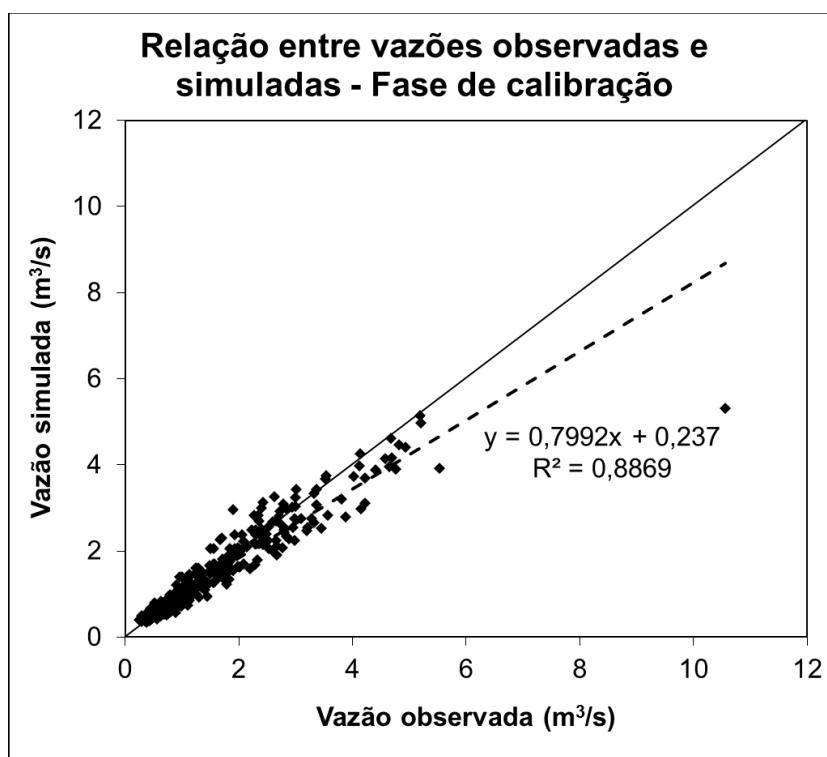


FIGURA 5.6: Relação entre as vazões observadas e simuladas durante a calibração

A média dos resíduos da calibração apresentou um valor próximo a zero, igual a $-0,09 m^3/s$, resultando em um resíduo relativo de $-5,52\%$. Os valores da estatística básica dos resíduos da calibração encontram-se na TABELA 5.3.

TABELA 5.3: Estatística dos resíduos da calibração

Calibração		
Resíduo Médio	Desvio Padrão	Resíduo Relativo
$\bar{r} (m^3/s)$	$s (m^3/s)$	$100. \bar{r} / \bar{Q}_{obs}$
-0,09	0,42	-5,52%

A FIGURA 5.7 apresenta a evolução temporal dos resíduos da calibração. Percebe-se que os resíduos estão distribuídos em torno de zero, não sendo verificado viés. O gráfico assume uma configuração típica de modelos hidrológicos, onde os resíduos assumem maior magnitude durante os períodos chuvosos.

A FIGURA 5.8 apresenta a evolução dos resíduos em função das vazões observadas, onde pode-se verificar que a variância dos resíduos tende a aumentar com o aumento da magnitude das vazões observadas.

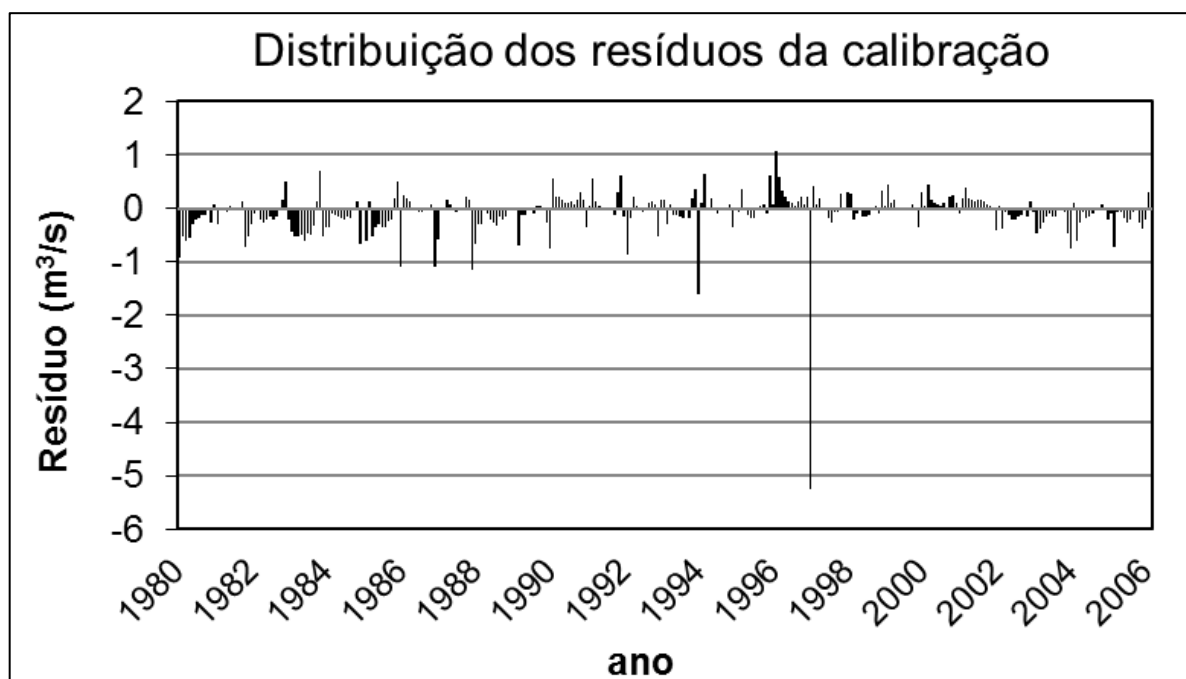


FIGURA 5.7: Evolução temporal dos resíduos da calibração

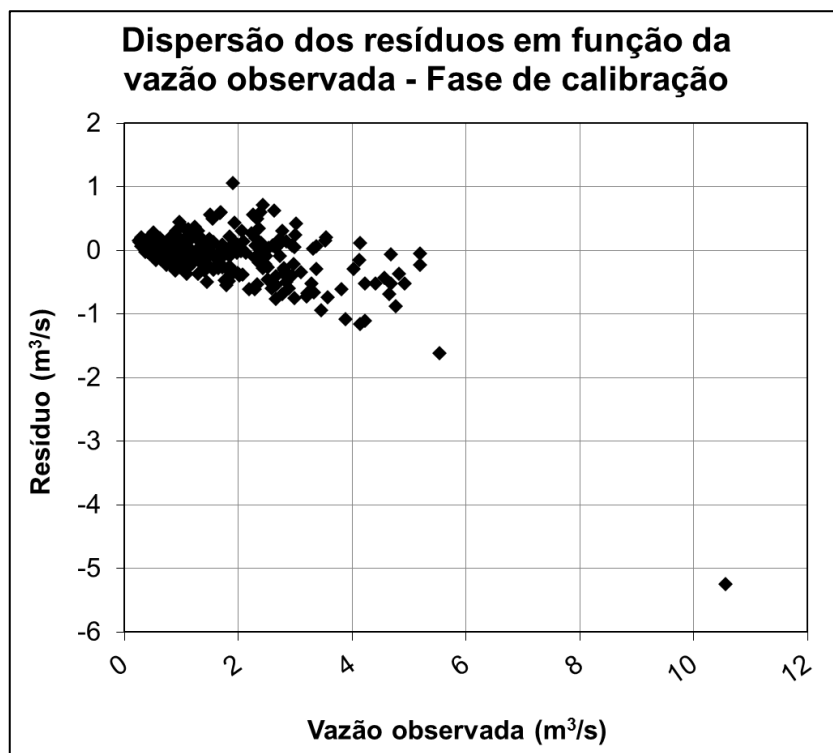


FIGURA 5.8: Evolução dos resíduos em função da magnitude das vazões observadas (calibração)

A FIGURA 5.9 compara as curvas de permanência das vazões observadas e simuladas para a etapa de calibração, sendo verificado um bom ajuste das curvas, principalmente para as vazões de maior permanência. Também se verificou a ausência de viés significativo resultante da calibração.

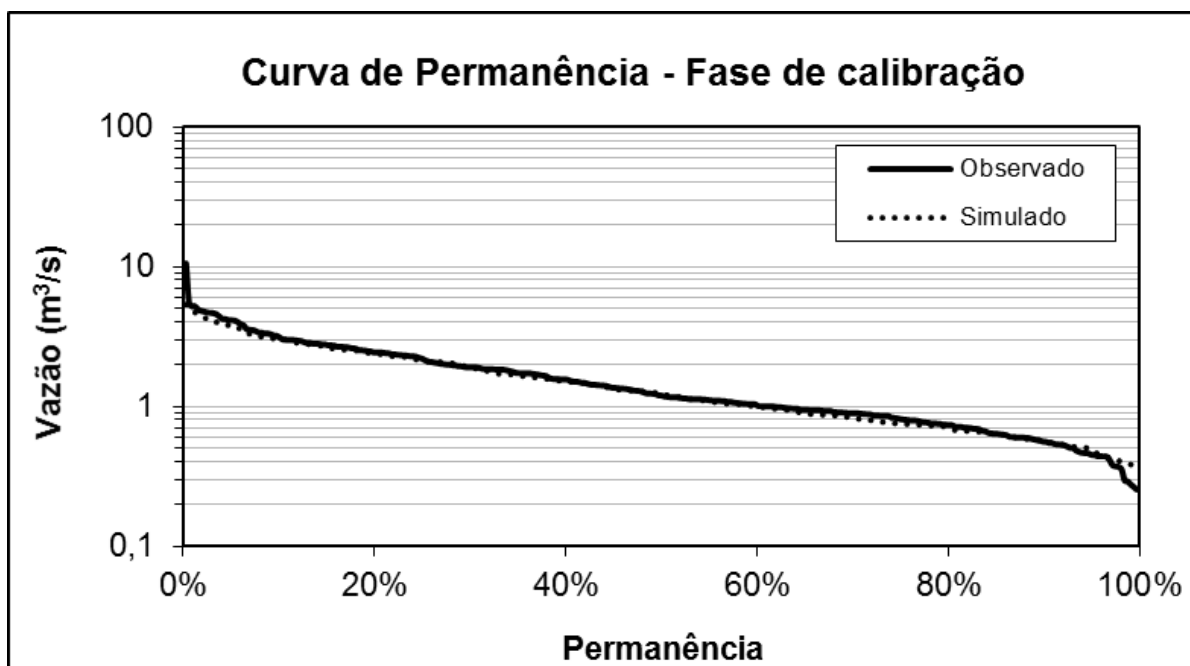


FIGURA 5.9: Curva de permanência das vazões observadas e simuladas (calibração)

5.3 Validação do GR2M na bacia do reservatório Serra Azul

Para a fase de validação, foram realizadas simulações para o período de dezembro/2007 a abril/2016, resultando na função objetivo $F = 0,4580$ e no critério NS de 94,31%. O hidrograma resultante da etapa de validação, para o período de fevereiro/1997 a dezembro/2005, consta na FIGURA 5.10. Observa-se que hidrograma simulado também apresentou boa aderência ao hidrograma observado.

A relação entre as vazões observadas e simuladas durante a validação é expressa pela reta em linha pontilhada apresentada no gráfico da FIGURA 5.11, com um coeficiente de correlação R^2 igual a 0,9433, apontando para um viés muito pequeno, inferior ao viés do período de calibração. O coeficiente angular da reta de ajusta resulte é igual a 0,9433, indicando pouca subestimação das vazões simuladas, sendo um resultado melhor que o da fase de calibração.

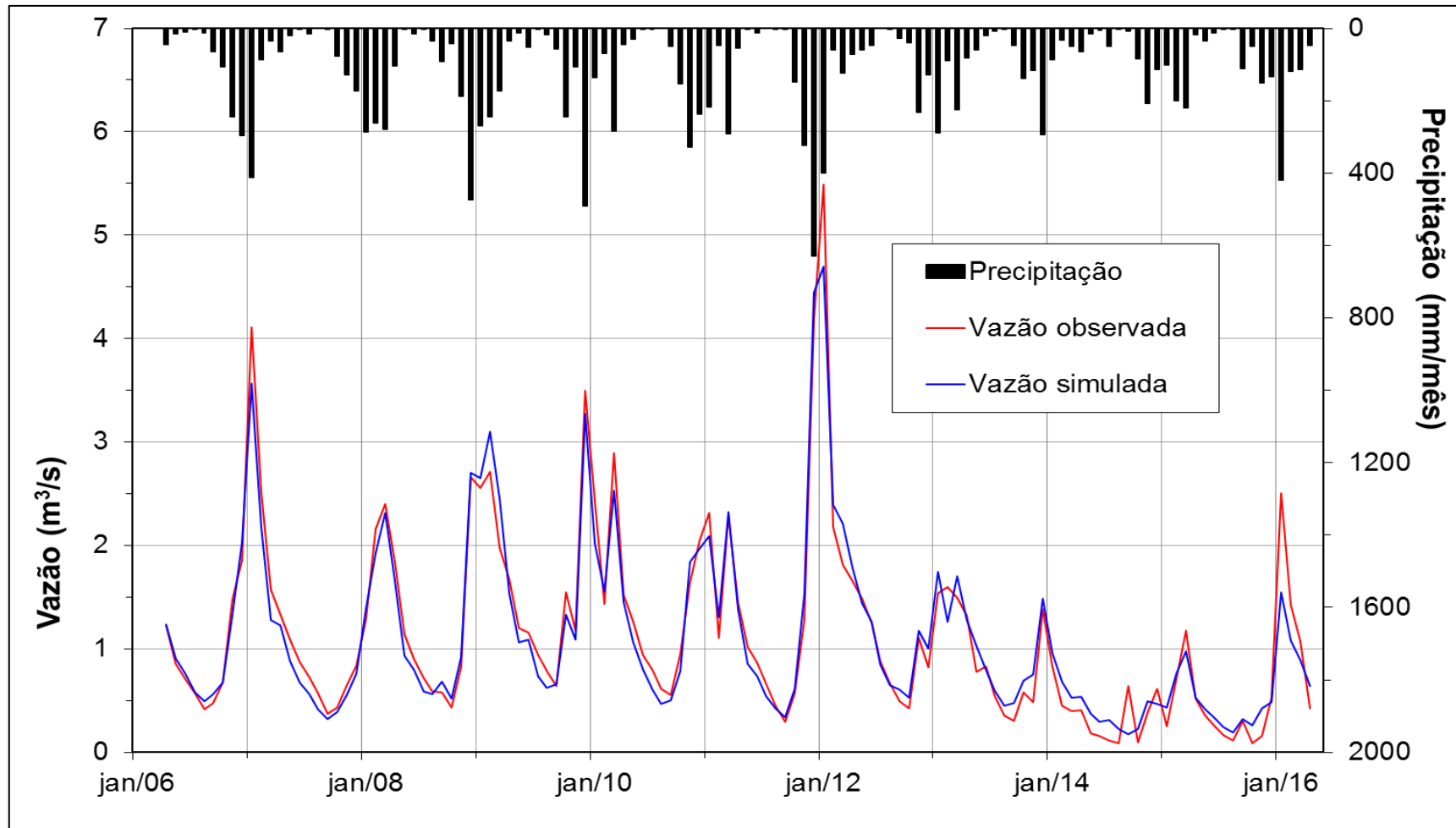


FIGURA 5.10: Hidrograma resultante da simulação do modelo para o período de validação, de abril/2006 a abril/2016

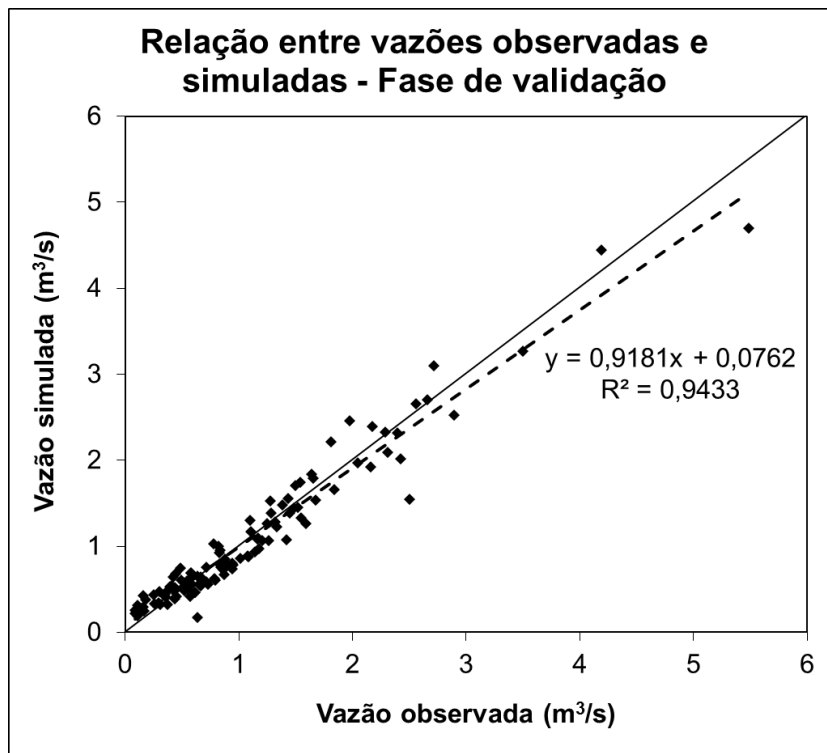


FIGURA 5.11: Relação entre as vazões observadas e simuladas durante a validação

A média dos resíduos da calibração apresentou um valor baixo, de 1,38 mm/mês, resultando em um resíduo relativo de 5,27%. Os valores das estatísticas básicas dos resíduos da calibração encontram-se na TABELA 5.4.

TABELA 5.4: Estatística dos resíduos da validação

Resíduo Médio \bar{r} (mm/mês)	Desvio Padrão s (mm/mês)	Resíduo Relativo $100 \cdot \bar{r} / \bar{Q}_{obs}$
1,38	5,36	5,27%

A FIGURA 5.12 apresenta a evolução temporal dos resíduos da validação. Percebe-se que os resíduos estão distribuídos em torno de zero, sendo verificado um viés para valores positivos. O gráfico também assume uma configuração típica de modelos hidrológicos, onde os resíduos assumem maior magnitude durante os períodos chuvosos.

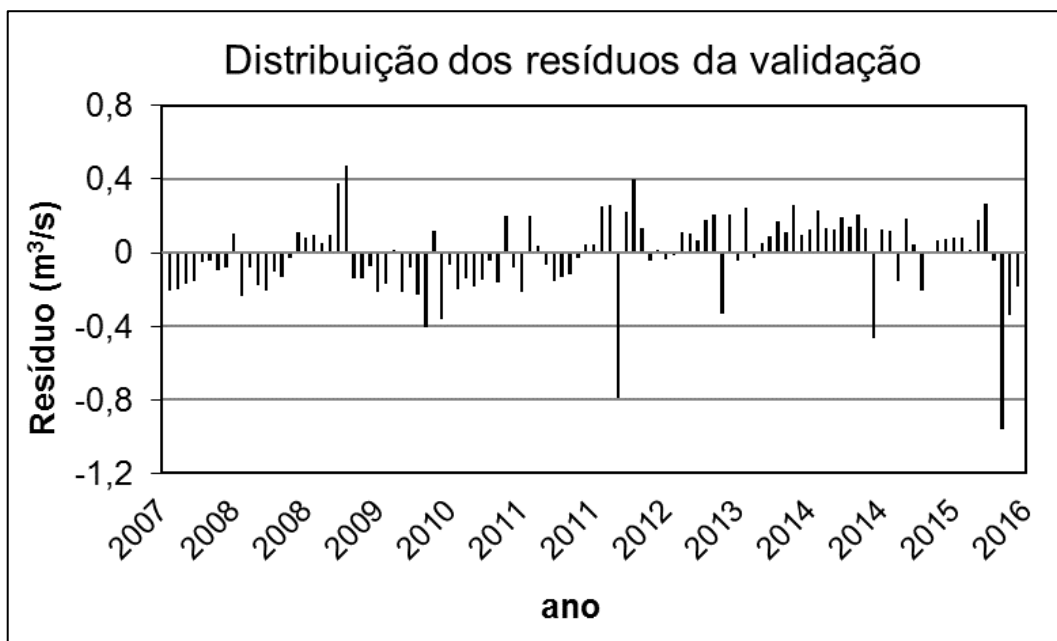


FIGURA 5.12: Evolução temporal dos resíduos da validação

A FIGURA 5.13 apresenta a evolução dos resíduos em função das vazões observadas, onde pode-se verificar que a variância dos resíduos tende a aumentar com o aumento da magnitude das vazões observadas, similar ao ocorrido na etapa de calibração.

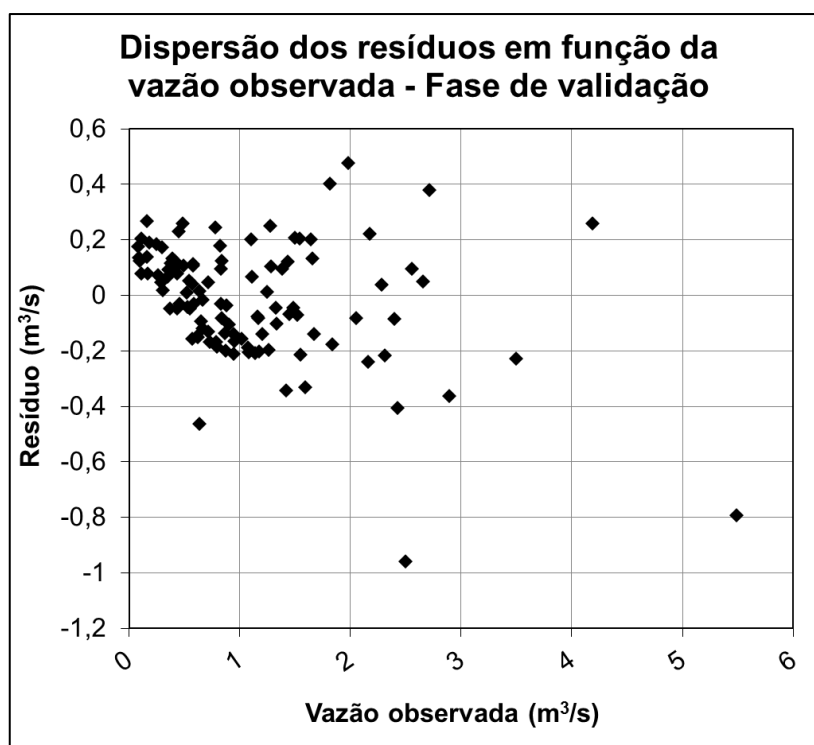


FIGURA 5.13: Evolução dos resíduos em função da magnitude das vazões observadas (validação)

A FIGURA 5.14 compara as curvas de permanência das vazões observadas e simuladas para a etapa de validação, sendo verificado um bom ajuste das curvas, principalmente para as vazões de menor permanência. Para vazões de maior tempo de permanência, percebe-se uma maior diferença entre a simulação e os dados observados resultando em viés para vazões inferiores a $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$, ainda assim apresentando erros não superiores a $0,089 \text{ m}^3/\text{s}$. Desta forma, não se considerou a ocorrência de viés significativo para o estudo em questão.

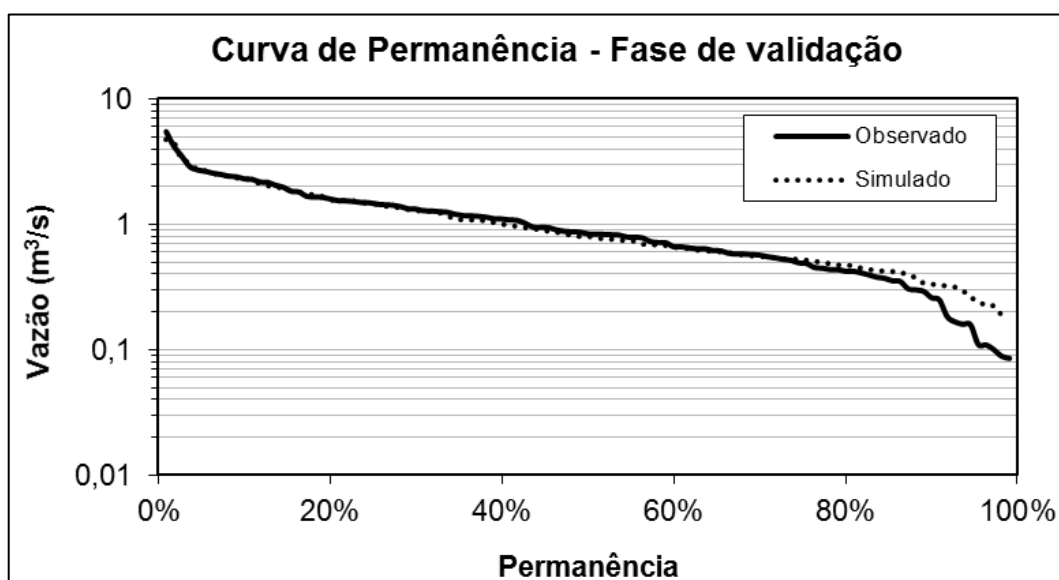


FIGURA 5.14: Curva de permanência das vazões observadas e simuladas (validação)

5.4 Resultados da análise de sensibilidade e incertezas

A TABELA 5.5 apresenta os resultados das 34 rodadas de calibração e os valores dos percentis de 5% e 95% utilizados no cálculo do intervalo de incerteza dos parâmetros.

TABELA 5.5: Resultados das 34 rodadas de calibração para estabelecimento das distribuições de probabilidades dos parâmetros X_1 e X_2 ($X_{5\%}$ = percentil de 5%; $X_{95\%}$ = percentil de 5%)

Ano de Calibração	X_1	X_2	Ano de Calibração	X_1	X_2
1980/81	8,56	0,65	1997/98	8,39	0,73
1981/82	8,88	0,68	1998/99	8,52	0,70
1982/83	9,06	0,72	1999/00	8,44	0,64
1983/84	8,99	0,61	2000/01	8,26	0,62
1984/85	8,66	0,77	2001/02	8,72	0,75
1985/86	8,48	0,68	2002/03	8,48	0,70
1986/87	8,70	0,64	2003/04	8,52	0,69
1987/88	8,67	0,64	2004/05	8,65	0,73
1988/89	8,40	0,68	2005/06	8,37	0,68
1989/90	8,04	0,70	2006/07	8,42	0,75
1990/91	8,74	0,66	2007/08	8,31	0,72
1991/92	8,50	0,68	2008/09	8,71	0,69
1992/93	8,61	0,70	2009/10	8,49	0,73
1993/94	8,44	0,69	2010/11	8,39	0,67
1994/95	8,44	0,70	2011/12	8,55	0,62
1995/96	8,40	0,64	2012/13	8,20	0,65
1996/97	8,59	0,72	2013/14	7,98	0,60
	Média	Variância	$X_{5\%}$	$X_{95\%}$	
X_1	8,52	0,0524	8,14	8,89	
X_2	0,68	0,0018	0,61	0,75	

Da FIGURA 5.15 até a FIGURA 5.17 são apresentados os hidrogramas da previsão por conjunto e a vazão simulada com os dados observados para os anos hidrológicos de 2004/05, 2010/11 e 2015/16 (conforme previsões de vazão descritas no item 4.3), juntamente com os intervalos de incerteza.

A faixa de incerteza dos parâmetros apresentou-se pequena quando comparada com a variação dos membros. Além disto, em todos os três casos os intervalos de incerteza se mantiveram dentro do intervalo definido pelos membros. Portanto, pode-se dizer que as incertezas provenientes dos parâmetros do modelo são compreendidas pela distribuição dos membros.

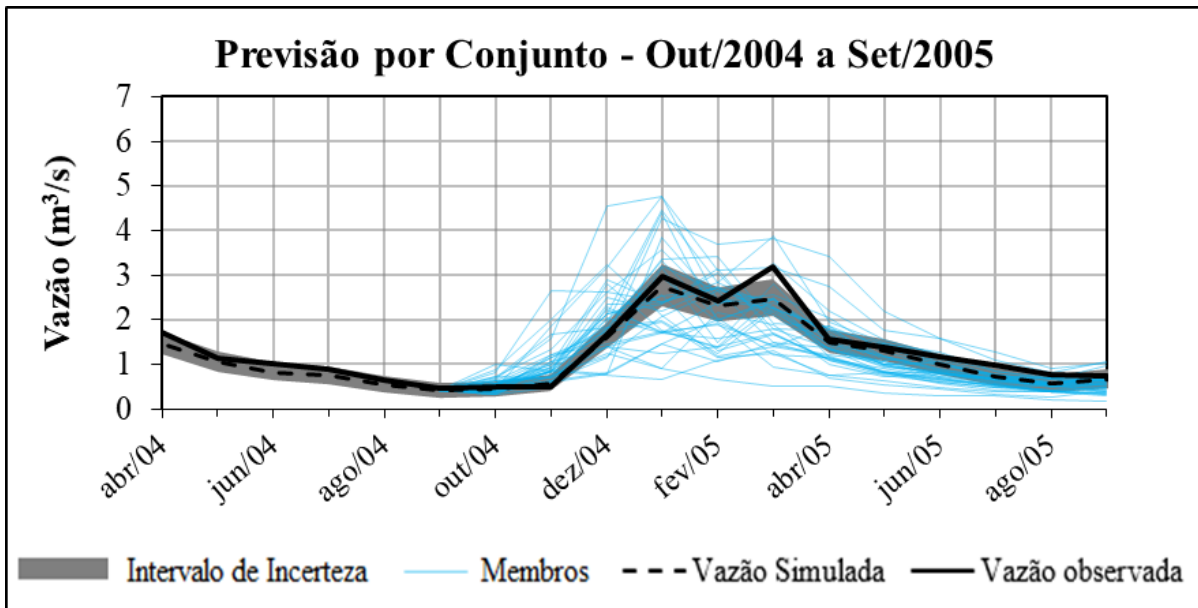


FIGURA 5.15: Conjunto de membros de previsão (azuis) e intervalo de incerteza dos parâmetros do modelo (cinza) para o ano hidrológico 2004/05

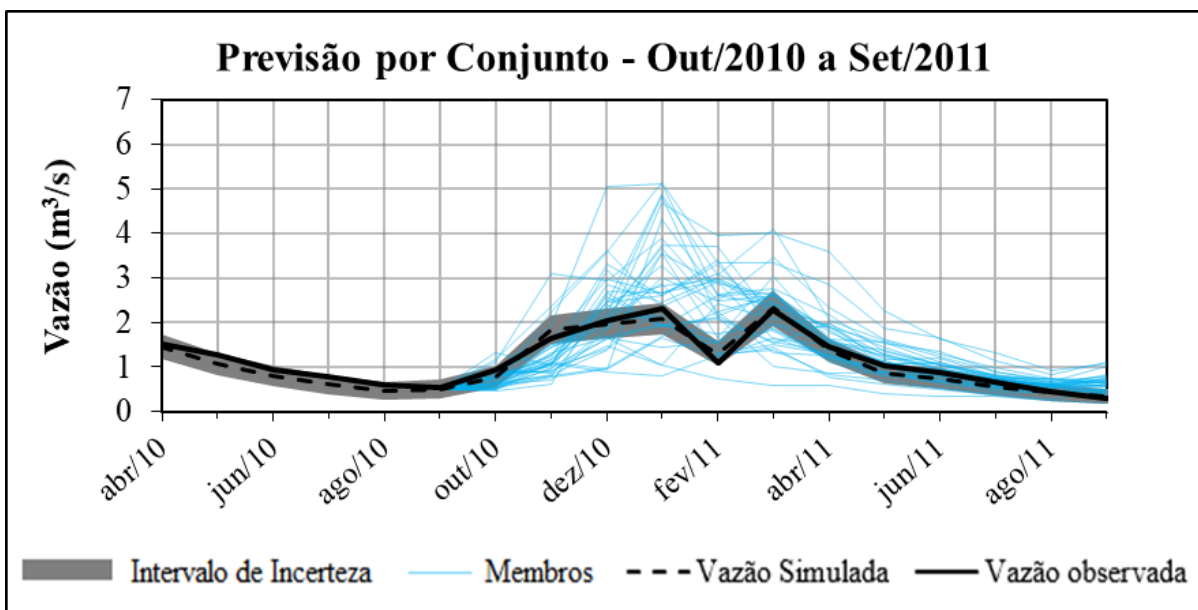


FIGURA 5.16: Conjunto de membros de previsão (azuis) e intervalo de incerteza dos parâmetros do modelo (cinza) para o ano hidrológico 2010/11

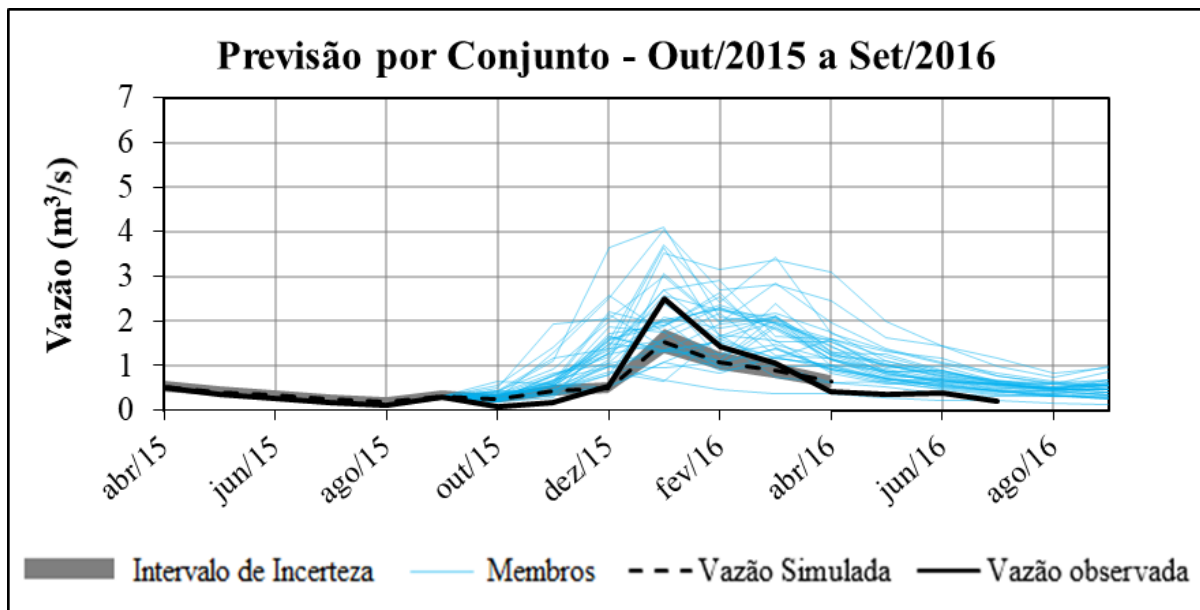


FIGURA 5.17: Conjunto de membros de previsão (azuis) e intervalo de incerteza dos parâmetros do modelo (cinza) para o ano hidrológico 2015/16

O modelo se demonstrou mais sensível ao parâmetro X_2 , o qual contribuiu, em média, com cerca de 66% do valor da variância das vazões simuladas (de acordo com metodologia de cálculo apresentada no item 4.2.6). Conforme descrito no item 3.3.2, o parâmetro X_2 é o fator de correção do volume do reservatório de água gravitacional (água superficial; camada não saturada do solo), que representa trocas (perdas ou ganhos) de volumes de água entre a bacia simulada e bacias adjacentes.

Segundo Mouelhi *et al.* (2006), durante o desenvolvimento do modelo GR2M, a partir da simplificação de um modelo de cinco parâmetros, o parâmetro X_2 (denominado X_5 no citado estudo), quando calibrado isoladamente, foi o parâmetro que resultou em maior melhoria de desempenho do modelo, comparado com os demais parâmetros também calibrados isoladamente. Desta forma, considerando-se os resultados obtidos, pode-se afirmar que X_2 apresenta maior importância para a fase de calibração do modelo, sendo recomendada a sua priorização durante a rotina de calibração.

Sendo assim, é possível afirmar que a utilização do modelo GR2M permite a realização de previsão de vazões, através do método ESP, incorporando e atualizando (a cada passo de tempo) as condições de armazenamento de água da bacia e o intercâmbio de volumes de água com bacias adjacentes. A atualização destas condições não é realizada em outros métodos de

previsão de longo termo, quando da utilização de modelos de regressão e análises de séries temporais, apontando para uma vantagem do método ESP.

Destaca-se que, nos hidrogramas apresentados para os anos hidrológicos 2004/05 e 2010/11 (FIGURA 5.15 e FIGURA 5.16, respectivamente), as vazões observadas encontram-se, predominantemente, dentro da faixa de incerteza dos parâmetros. Sendo assim, as diferenças entre vazões simuladas e observadas poderiam ser explicadas pela incerteza dos parâmetros de calibração do modelo. Contudo, no hidrograma apresentado para o ano hidrológico 2015/16 (FIGURA 5.17), a vazão mínima (novembro/2015) e a vazão máxima (fevereiro/2016) extrapolam nitidamente os limites de incerteza, onde as vazões mínimas são superestimadas e as vazões máximas subestimadas. Isto sugere uma limitação do modelo para representar vazões extremas, podendo ser em função da estrutura simplificada do modelo, incertezas nos dados de entrada do modelo (precipitação e evapotranspiração) e/ou dados de vazões observadas, além das incertezas dos parâmetros.

Ainda assim, o modelo GR2M mostrou-se suficientemente robusto para a aplicação proposta neste estudo.

5.5 Verificação da previsão hidrológica na bacia do reservatório Serra Azul

5.5.1 Estatística convencional

Gerou-se gráficos de MAE, RMAE, PBIAS e de coeficiente de correlação R para média e mediana dos membros ESP e para o membro de menor erro e membro histórico, conforme consta na FIGURA 5.18.

Pode-se constatar que o MAE é maior nos meses chuvosos tendo em vista a magnitude das vazões nestes meses. Os indicadores calculados com a média dos membros são muito semelhantes àqueles calculados com a mediana, principalmente durante o período de estiagem. Para os indicadores MAE e RMAE, as diferenças entre os valores calculados com a média e com a mediana foram inferiores a 7,4%, durante o período chuvoso, e inferiores a 3,1% durante o período de estiagem. O RMAE de médias e medianas aproxima-se ao RMAE do membro de menor erro durante os meses de estiagem. Os valores de RMAE foram maiores no mês de

fevereiro (horizonte de cinco meses de antecedência) e menores no mês de outubro (horizonte de um mês de antecedência). Franz *et al.* (2003) obteve RMAE de até aproximadamente 0,75 para horizontes de seis meses e 0,25 para horizontes de um mês.

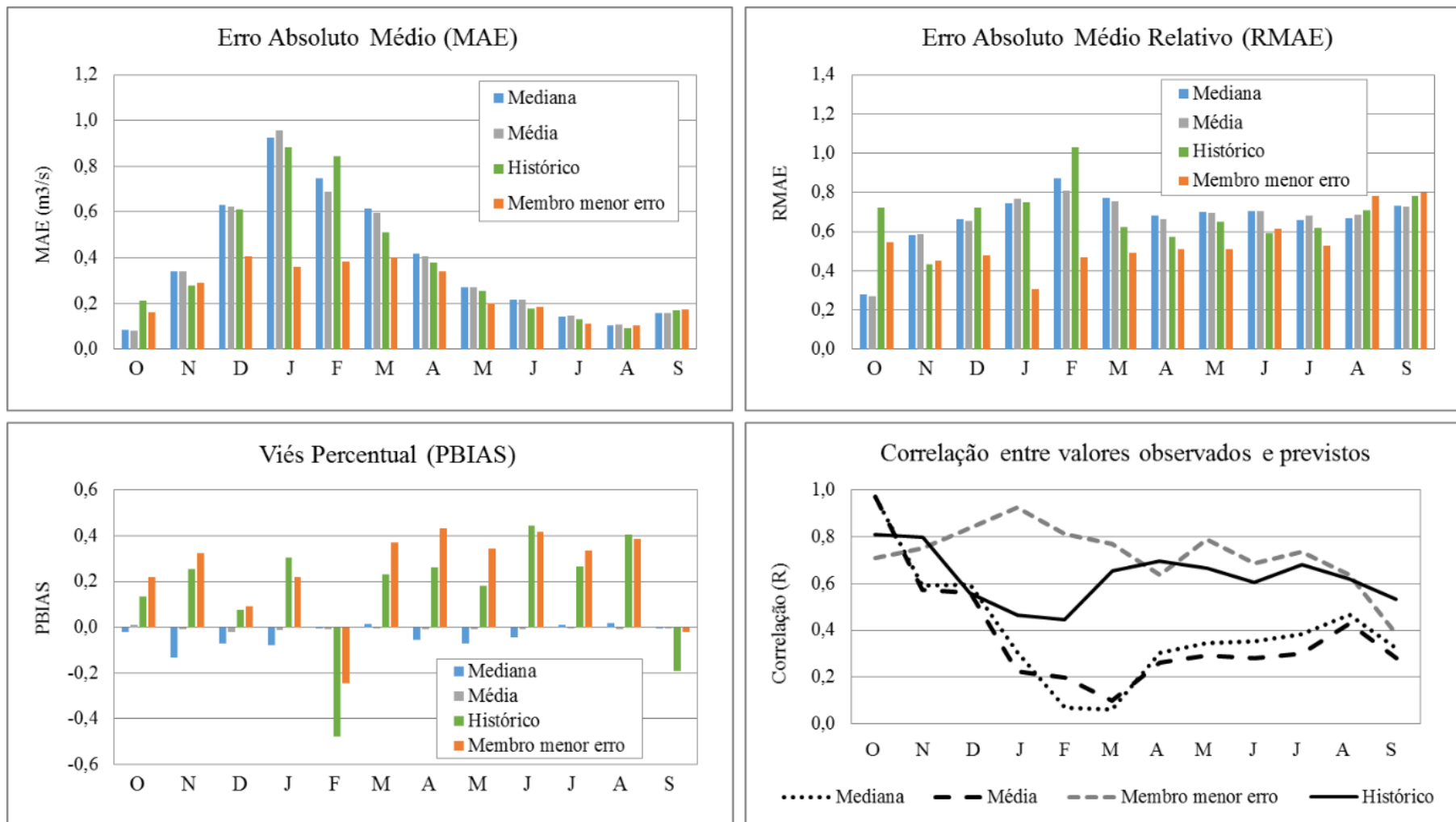


FIGURA 5.18: Verificação determinística por estatística convencional: gráficos dos indicadores MAE, RMAE, PBIAS e correlação R

Os valores de PBIAS não apresentaram módulo superior a 0,5 e a média apresentou os menores valores de PBIAS. Franz *et al.* (2003) obtiveram, na maioria dos casos, valores de PBIAS negativos de até -0,5. A média obteve correlação semelhante à mediana, contudo os valores de correlação apresentaram-se muito baixos a partir do mês de janeiro.

Em vários meses o membro histórico apresentou o pior desempenho quando comparado com os demais (média, mediana e membro de menor erro), em especial no mês de fevereiro. Isso justifica a necessidade de se proceder com a análise de incertezas do modelo, a fim de se verificar se o mesmo é capaz de representar os processos hidrológicos de transformação chuvas na bacia estudada, além de avaliar a sensibilidade do modelo frente ao conjunto de dados de entrada utilizado. Os resultados da análise de sensibilidade e incertezas são apresentados no item 5.4.

5.5.2 Verificação probabilística

Foram realizados diagramas de confiabilidade para todos os anos de hindcast (1979-2015) considerando horizontes de previsão de 1 a 12 meses. Considerou-se três limiares, as vazões de 25%, 50% e 75% de não-excedência, sendo 0,663 m³/s, 1,135 m³/s e 1,966 m³/s, respectivamente. A FIGURA 5.19 apresenta os diagramas de confiabilidade de todos os horizontes de previsão para um mesmo limiar. No Apêndice D são apresentados os diagramas de confiabilidade gerados para cada horizonte de previsão.

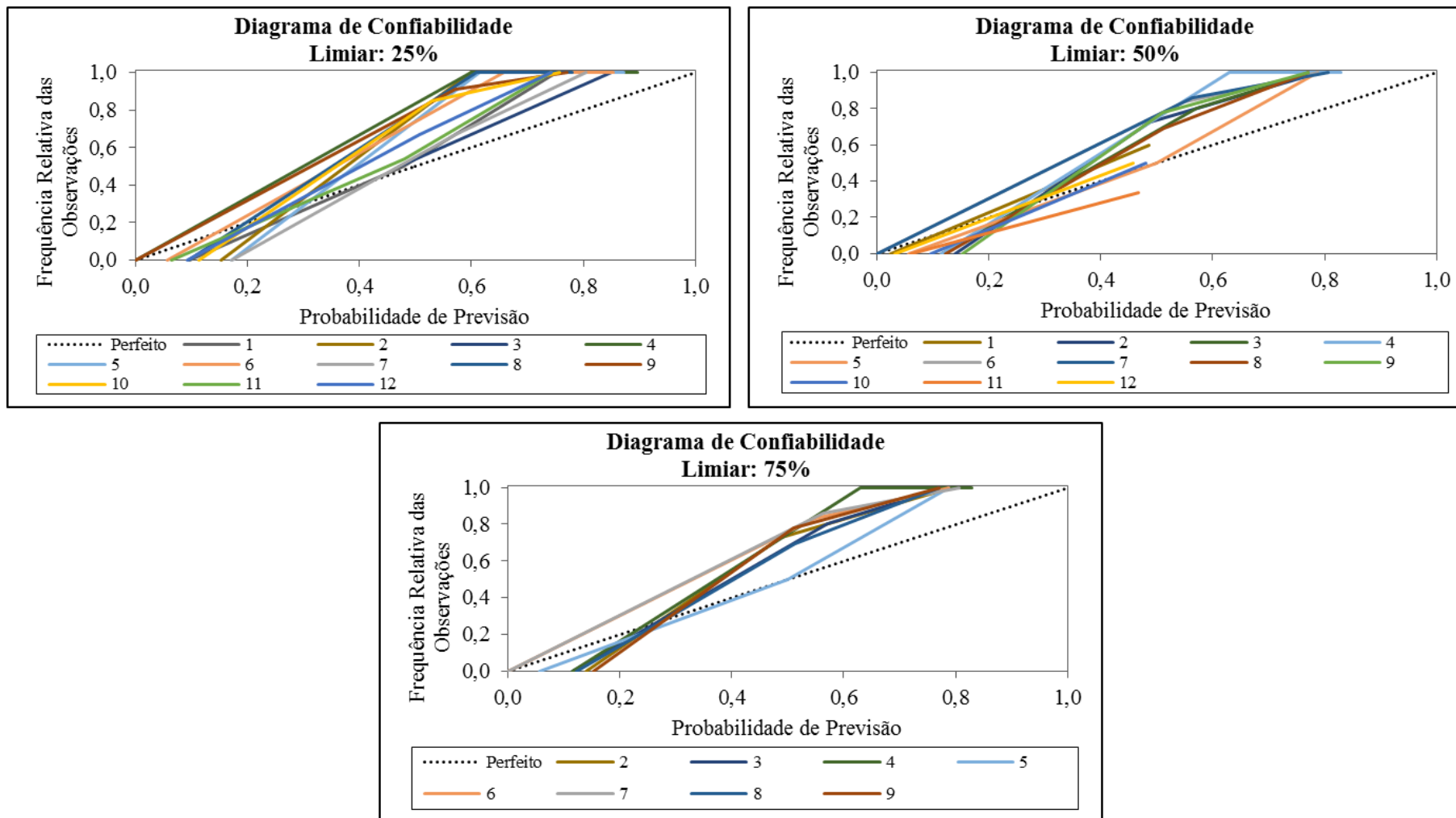


FIGURA 5.19: Diagramas de confiabilidade para todos os horizontes de previsão com vazão limiar de 25%, 50% e 75% (os valores nas legendas correspondem aos horizontes de previsão)

Verifica-se que as curvas dos diagramas de confiabilidade, em geral, apresentam inclinação levemente superior à reta 1:1, indicando excesso de confiança para baixas probabilidades de previsão e pouca confiança para probabilidades de previsão maiores. Padrões semelhantes foram verificados por Crochemore (2016), para previsões com 30 dias e 90 dias de antecedências, e por Franz *et al.* (2003). Estes padrões podem estar associados ao viés apresentado pelo modelo, conforme item 5.5.1, pois o mesmo estaria subestimando as vazões máximas e superestimando as vazões mínimas, o que se verifica nos hidrogramas apresentados nas etapas de calibração e validação do modelo (itens 5.2 e 5.3).

Para análise da discriminação do sistema de previsão, foram gerados diagramas ROC para previsões de 1 a 12 meses de antecedência, também considerando os limiares de 25%, 50% e 75% de não-excedência. A FIGURA 5.20 apresenta os diagramas de ROC agrupados por vazão limiar. No Apêndice E são apresentados os diagramas de ROC gerados para cada horizonte de previsão.

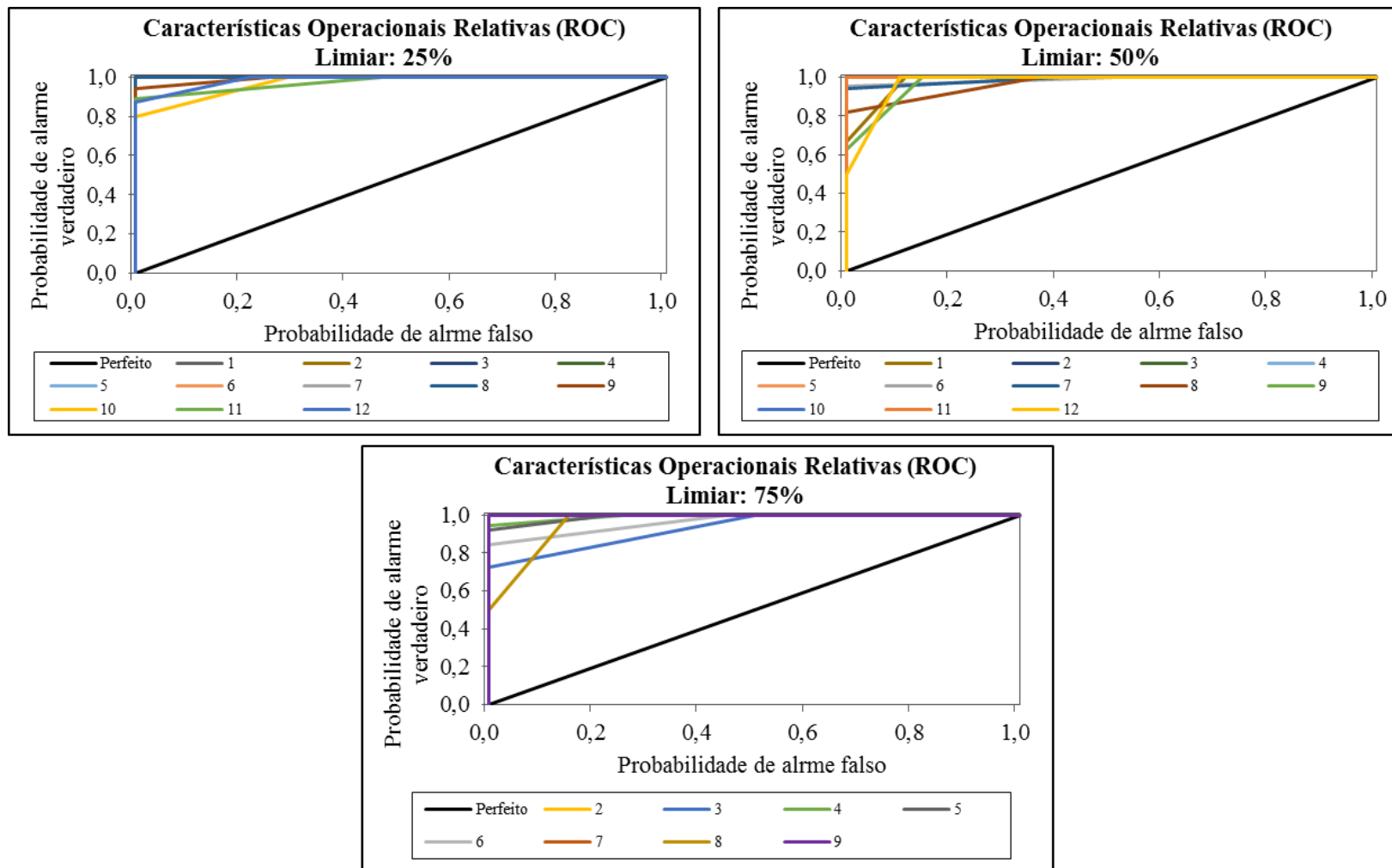


FIGURA 5.20: Gráficos ROC para todos os horizontes de previsão com vazão limiar de 25%, 50% e 75% (os valores nas legendas correspondem aos horizontes de previsão)

Para todos os casos, os diagramas de ROC apresentaram boa discriminação entre alarmes verdadeiros e falsos. Comparando-se os gráficos a literatura consultada, os resultados foram satisfatórios, sendo semelhantes aos resultados obtidos por Fan *et al.* (2014) e Meller *et al.* (2014). O melhor conjunto de resultados foi obtido para a vazão limiar de 25% de não excedência e o pior conjunto de resultados para a vazão de 75% de não excedência. Isto aponta para um melhor desempenho do modelo para a previsão de vazões de menor magnitude, que possuem maior importância para a captação em reservatórios de abastecimento.

Nota-se que tanto o diagrama de confiabilidade quanto o diagrama de ROC, ambos para limiar de 75%, não apresentaram as curvas referentes aos horizontes de 1, 10, 11 e 12 meses (respectivamente outubro, julho, agosto e setembro). Isto se passou porque, para tal limiar, não ocorreram eventos para uma dada probabilidade de previsão, ou seja, o modelo não resultou em vazões superiores a 1,966 m³/s para tais meses.

5.6 Resultados da previsão de vazões com e sem reamostragem pelo Índice de Oscilação Sul (SOI)

Foram realizadas previsões tipo *hindcast* (para tempos passados) através de reamostragem para os anos de 2004 (N), 2010 (F) e 2015 (Q), considerando-se a classificação dos anos e meses (membros) conforme as fases de ENOS, utilizando-se o Índice de Oscilação Sul (SOI).

Conforme descrito no item 4.3.3, cada mês foi classificado a partir da média móvel do SOI para respectivo o trimestre, sendo determinado como mês de fase quente (Q) aqueles cuja média é inferior a -0,5, neutra (N) cuja média está entre -0,5 e 0,5 ou fria (F) quando a média é superior a 0,5. Os anos foram classificados em Q ou F em função do semestre chuvoso, devendo o ano apresentar ao menos quatro meses classificados como Q ou F, caso contrário o ano foi classificado como N.

Os resultados são apresentados e comparados com previsões sem a técnica de reamostragem na FIGURA 5.21 até FIGURA 5.23.

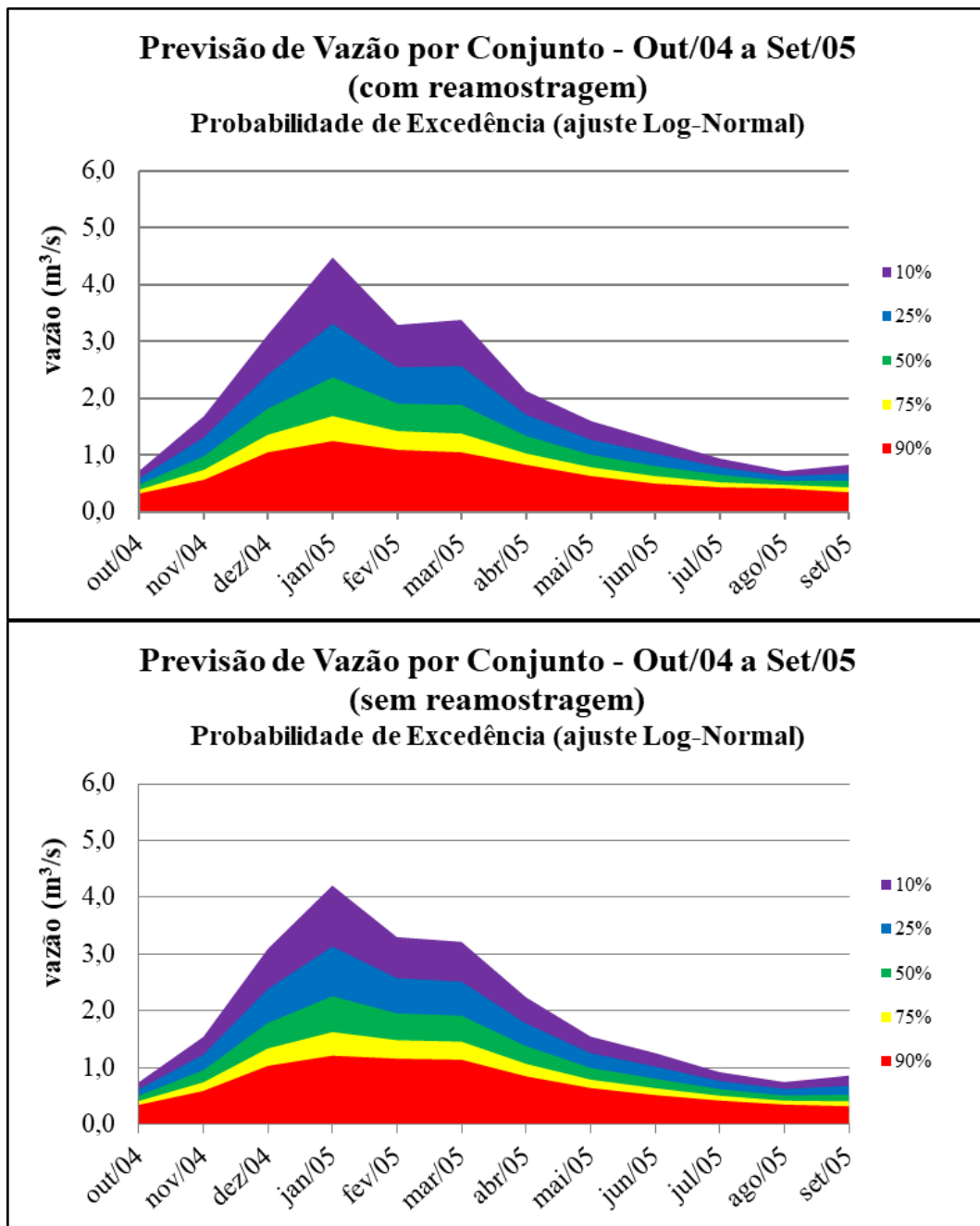


FIGURA 5.21: Comparação entre as previsões com reamostragem (ENOS/SOI) e previsões sem reamostragem para vazões no ribeirão Serra Azul: ano hidrológico 2004/05 (fase neutra)

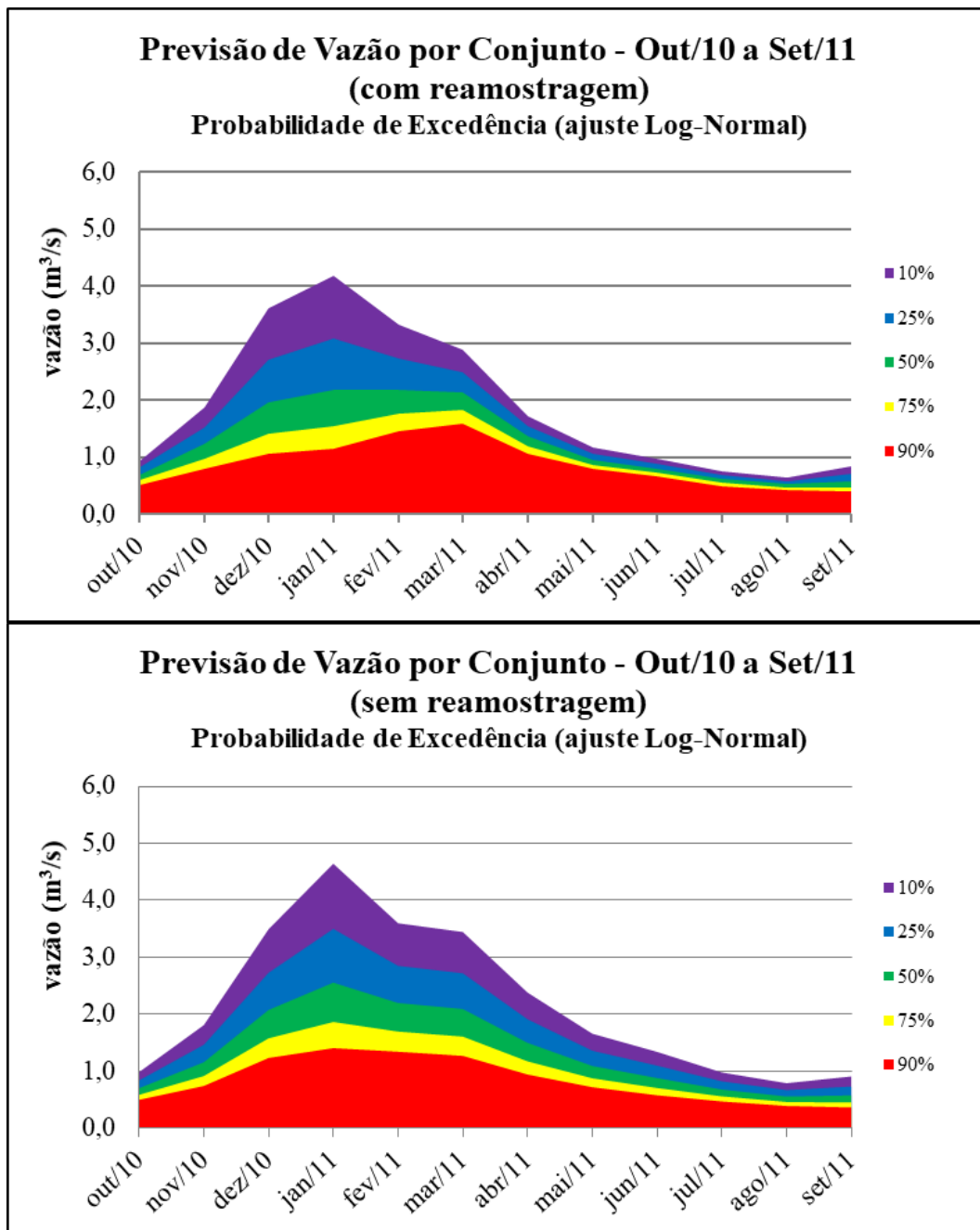


FIGURA 5.22: Comparação entre as previsões com reamostragem (ENOS/SOI) e previsões sem reamostragem para vazões no ribeirão Serra Azul: ano hidrológico 2010/11 (fase fria)

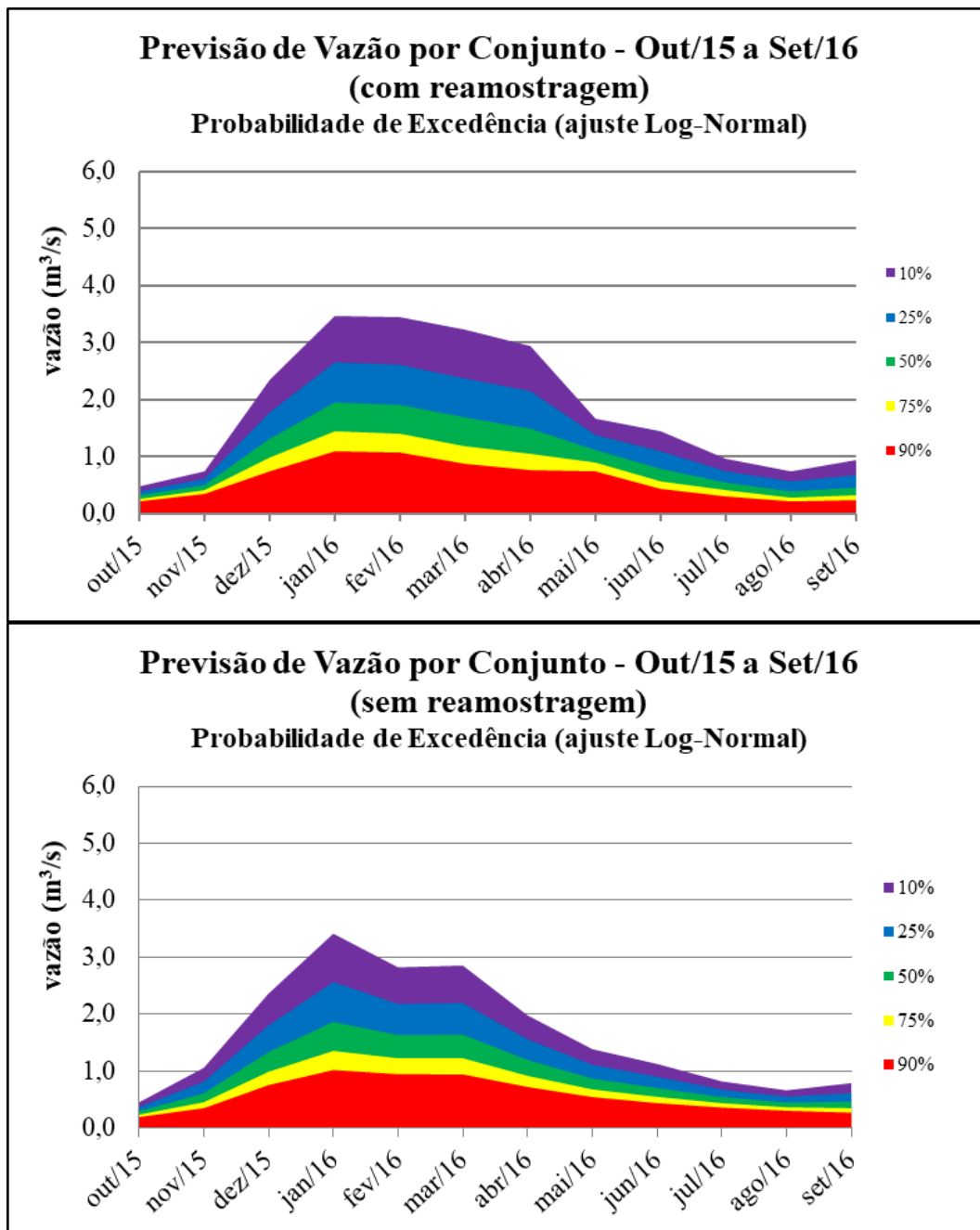


FIGURA 5.23: Comparação entre as previsões com reamostragem (ENOS/SOI) e previsões sem reamostragem para vazões no ribeirão Serra Azul: ano hidrológico 2015/16 (fase quente)

Na TABELA 5.6 são apresentadas as variações das vazões previstas em função da previsão por reamostragem, sendo que os valores positivos representam o acréscimo da vazão prevista e os valores negativos (em vermelho) representam a redução da vazão prevista.

TABELA 5.6: Variação das vazões previstas após reamostragem em função do SOI

ANO	PROB. DE EXCEDÊNCIA	VARIÇÃO DAS VAZÕES PREVISTAS APÓS REAMOSTRAGEM											MÁXIMOS		
		OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ACRÉSCIMO	DECRÉSCIMO
2004 / 05	10%	(2,4%)	9,7%	0,9%	6,6%	(0,3%)	5,2%	(4,8%)	3,3%	1,5%	3,1%	(2,5%)	(3,2%)	9,7%	(4,8%)
	25%	(3,6%)	6,3%	1,0%	5,7%	(1,4%)	2,0%	(4,3%)	1,9%	0,7%	3,2%	2,0%	(0,7%)	6,3%	(4,3%)
	50%	(5,0%)	2,6%	1,2%	4,7%	(2,6%)	(1,5%)	(3,7%)	0,3%	(0,1%)	3,5%	7,3%	2,2%	7,3%	(5,0%)
	75%	(6,4%)	(0,9%)	1,4%	3,7%	(3,8%)	(4,8%)	(3,2%)	(1,2%)	(1,0%)	3,7%	12,9%	5,1%	12,9%	(6,4%)
	90%	(7,6%)	(4,0%)	1,6%	2,8%	(4,8%)	(7,8%)	(2,7%)	(2,5%)	(1,7%)	3,9%	18,1%	7,8%	18,1%	(7,8%)
2010 / 11	10%	(5,5%)	3,5%	3,3%	(9,7%)	(7,6%)	(16,5%)	(27,6%)	(29,7%)	(26,9%)	(22,4%)	(18,8%)	(7,7%)	3,5%	(29,7%)
	25%	(3,7%)	4,6%	(1,0%)	(11,9%)	(4,2%)	(8,2%)	(19,5%)	(21,9%)	(18,8%)	(16,7%)	(12,6%)	(4,3%)	4,6%	(21,9%)
	50%	(1,5%)	5,7%	(5,6%)	(14,3%)	(0,3%)	2,1%	(9,4%)	(12,2%)	(8,7%)	(9,9%)	(5,2%)	(0,4%)	5,7%	(14,3%)
	75%	0,7%	6,9%	(10,1%)	(16,7%)	3,8%	13,4%	2,0%	(1,3%)	2,7%	(2,5%)	2,8%	3,6%	13,4%	(16,7%)
	90%	2,7%	8,0%	(13,8%)	(18,7%)	7,6%	24,7%	13,5%	9,6%	14,1%	4,6%	10,6%	7,4%	24,7%	(18,7%)
2015 / 16	10%	5,4%	(30,3%)	(0,9%)	1,9%	21,9%	13,1%	49,1%	20,6%	28,0%	16,9%	12,8%	18,3%	49,1%	(30,3%)
	25%	6,6%	(24,0%)	(1,1%)	3,3%	19,6%	7,8%	37,1%	23,7%	20,0%	8,6%	0,5%	9,1%	37,1%	(24,0%)
	50%	7,9%	(16,4%)	(1,2%)	4,9%	17,0%	2,2%	24,9%	27,2%	11,6%	0,1%	(11,6%)	(0,3%)	27,2%	(16,4%)
	75%	9,2%	(8,0%)	(1,3%)	6,5%	14,6%	(3,1%)	13,7%	30,7%	3,9%	(7,7%)	(22,2%)	(8,9%)	30,7%	(22,2%)
	90%	10,4%	0,3%	(1,4%)	8,0%	12,4%	(7,6%)	4,6%	34,0%	(2,6%)	(14,3%)	(30,7%)	(16,0%)	34,0%	(30,7%)

Percebe-se que no ano de fase neutra (2004/05) as variações das vazões previstas foram inferiores às variações resultantes para os anos de fases fria e quente, com acréscimo máximo de 18,1% e decréscimo máximo de 7,8%, ambos para a vazão com probabilidade de 90% de excedência.

As maiores variações de vazão prevista foram obtidas para o ano de fase quente (2015/16), com acréscimo máximo de 49,1% (para vazão com 10% de probabilidade de excedência) e decréscimo máximo de 30,7% (para vazão com 90% de probabilidade de excedência). Cabe destacar que o ano de fase quente, associado ao fenômeno de El Niño, apresentou acréscimos máximos nos meses de abril e maio. Isto vai de encontro com as observações realizadas por Tojo Soler *et al.* (2010) de aumento na precipitação nos meses de abril e maio durante fases de El Niño no estado de São Paulo (também na região sudeste do Brasil). Além disto, o ano de fase quente também apresentou maior proporção de acréscimos em relação aos decréscimos.

Por sua vez, o ano de fase fria (2010/11) apresentou a maior quantidade de decréscimos de vazão prevista com aplicação da técnica de reamostragem. A maior parte das vazões previstas sofreram decréscimo, apontando para uma tendência de redução das vazões durante fases de La Niña (fria). Sendo assim, os resultados sugerem que o fenômeno de El Niño até associado a anos com maior produção de água, enquanto que o fenômeno de La Niña está relacionado a anos com menor produção hídrica. Galvêncio e Souza (2002) já haviam verificado que na porção alta da bacia do rio São Francisco produz mais água nos anos de El Niño.

5.7 Calibração do balanço hídrico e previsão do nível do reservatório

A FIGURA 5.24 apresenta o gráfico de simulação da variação do NA do reservatório de Serra Azul para o período de 2003-2014, resultando em um valor de NS igual a 91,91% para k igual a 1,55. Tendo em vista os valores de NS , considerou-se como satisfatório o modelo de balanço hídrico proposto, embora a simulação perca acurácia para a simulação de níveis mais baixos, como ocorrido principalmente entre os anos de 2007 e 2009.

O modelo de balanço hídrico também apresentou bom desempenho durante a fase de validação, resultando em um valor de NS igual a 89,73%. A FIGURA 5.25 apresenta o gráfico do nível simulado comparado ao nível observado no reservatório para a fase de validação.

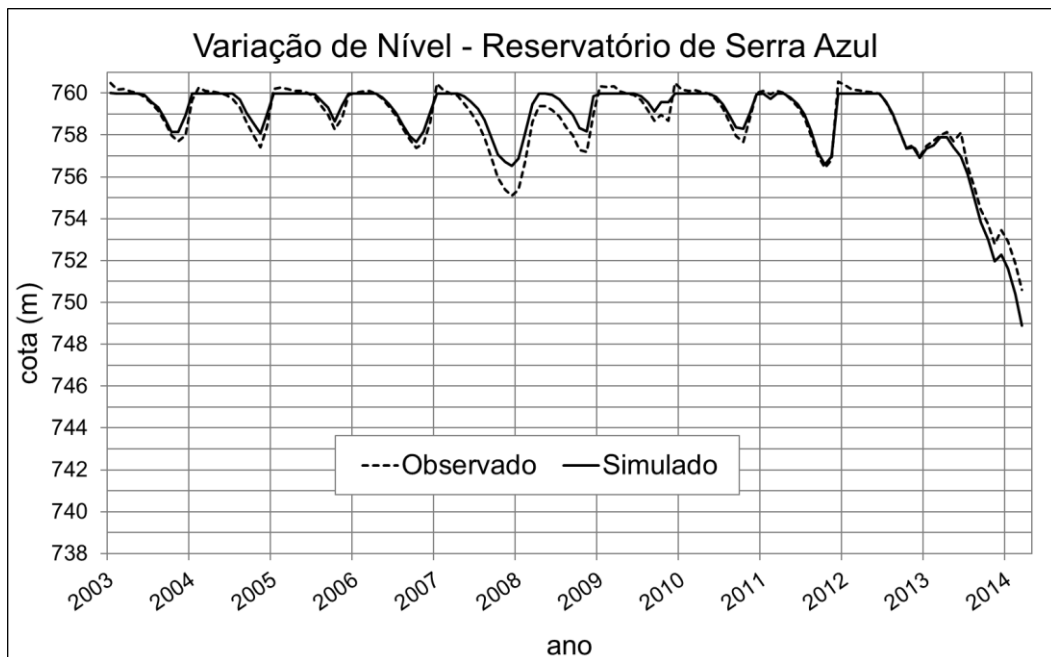


FIGURA 5.24: Calibração do balanço hídrico do reservatório de Serra Azul

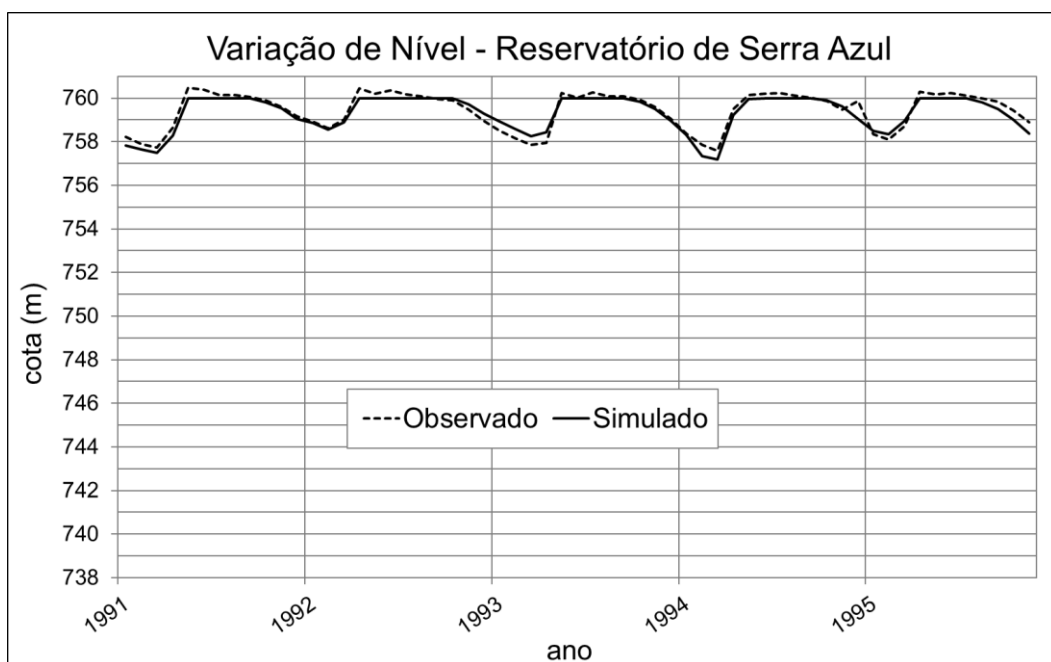


FIGURA 5.25: Validação do balanço hídrico do reservatório de Serra Azul

Tanto para as fases de calibração quanto de validação, o modelo apresentou dificuldade em simular as cotas mínimas de elevação da água, superestimando o volume de água reservado durante os períodos de estiagem, com exceção do período atípico entre 2013 e 2014, quando o modelo subestimou a reservação de água.

Em seguida, realizou-se a previsão ESP para os períodos de outubro/2004 a setembro/2005, de outubro/2010 a setembro/2011 e de outubro/2015 a setembro/2016, considerando o ajuste da distribuição log-normal para definição das vazões referentes aos percentis de excedência de 10%, 50% e 90%. Os ajustes da distribuição log-normal para as vazões dos membros para cada mês constam na FIGURA 5.26 e na FIGURA 5.27. Não houve rejeição dos ajustes conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov.

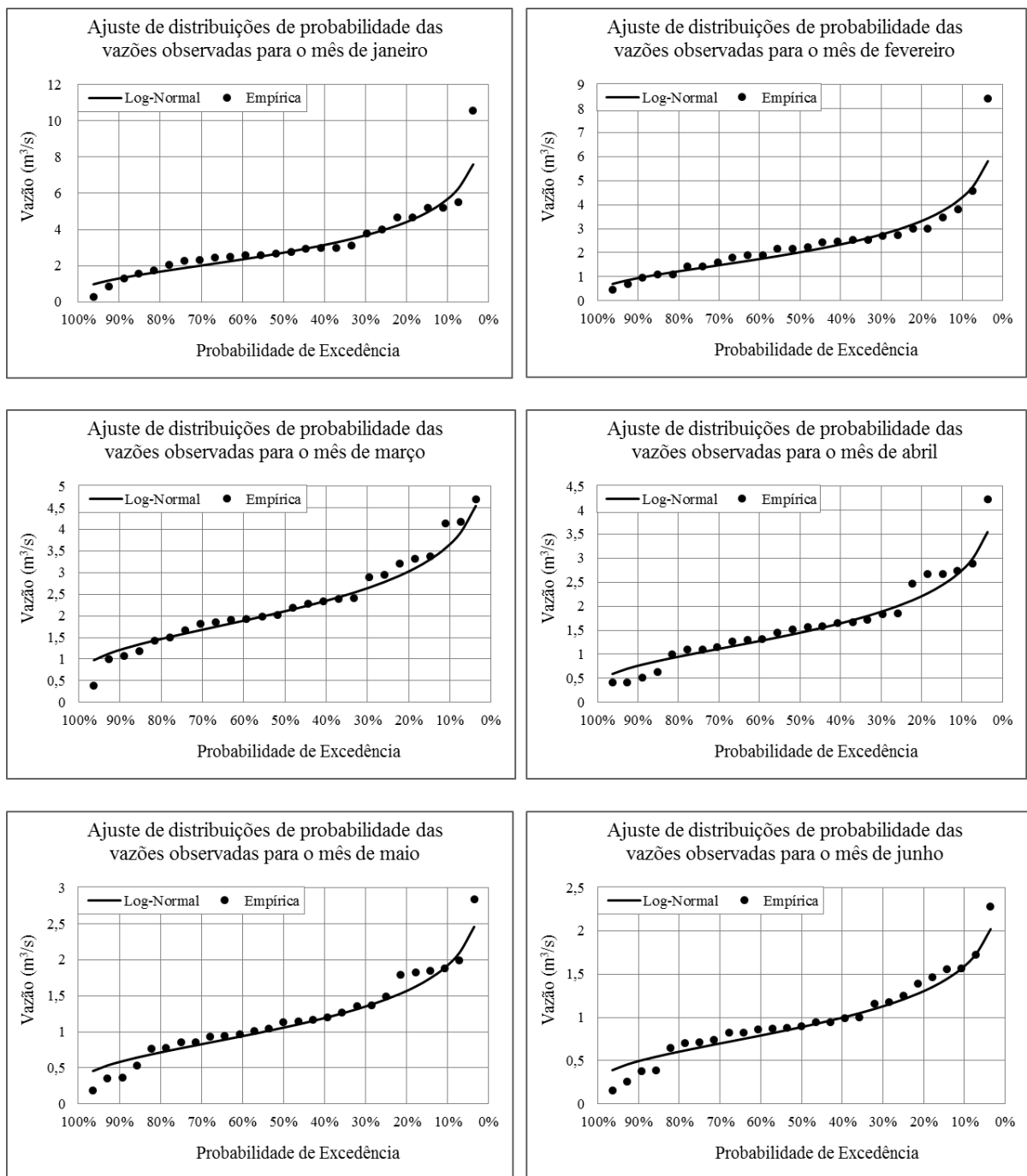


FIGURA 5.26: Ajustes da distribuição log-normal em comparação à distribuição empírica para os meses de janeiro a junho

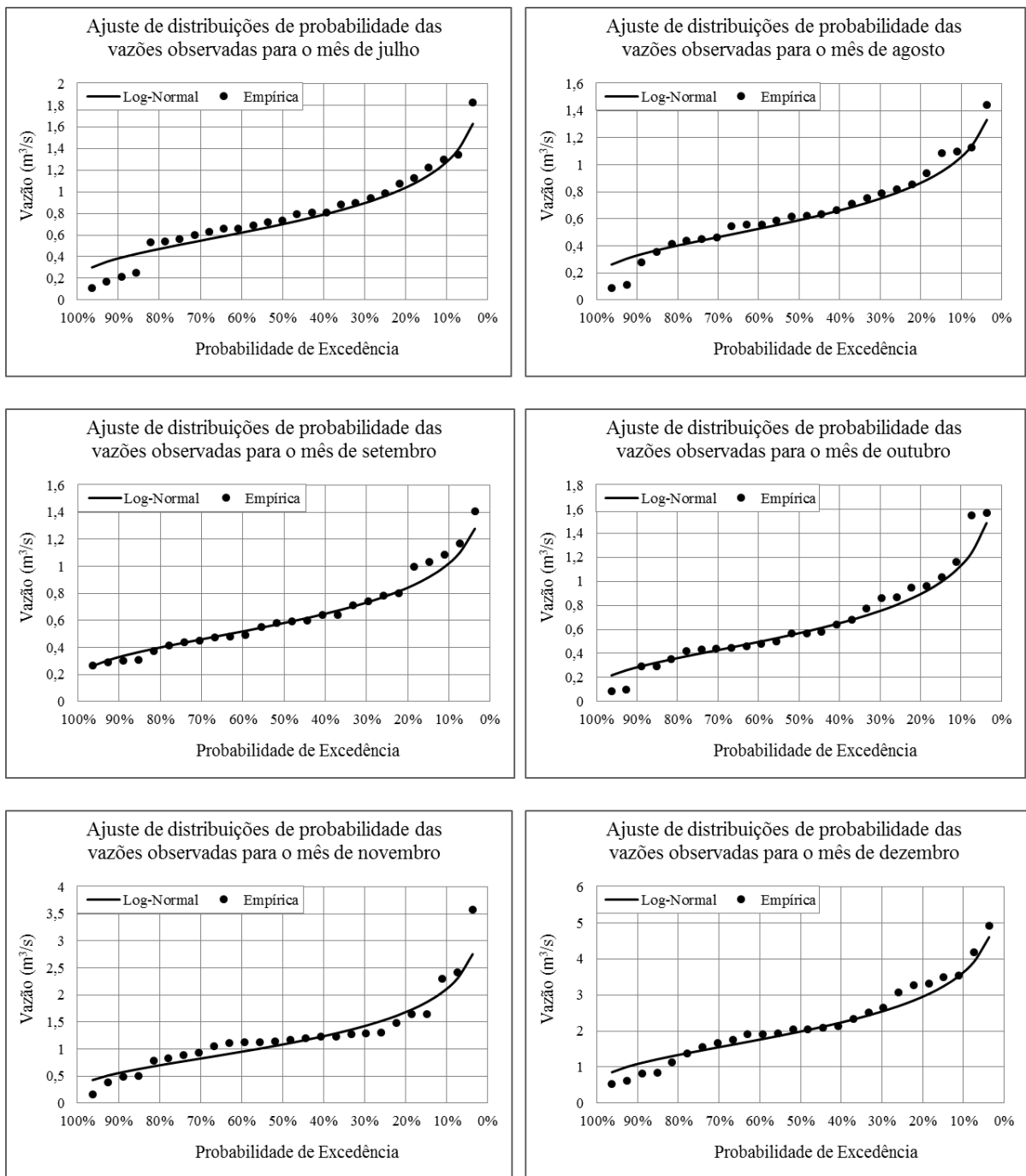


FIGURA 5.27: Ajustes da distribuição log-normal em comparação à distribuição empírica para os meses de julho a dezembro

A TABELA 5.7 apresenta os resultados da previsão de vazão através do método ESP sem a reamostragem através da ENOS, considerando o ajuste da distribuição log-normal. Por exemplo, para o mês de outubro/2004 foi prevista vazão média com 90% de probabilidade de excedência igual a $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo que a vazão média mensal observada foi de $0,44 \text{ m}^3/\text{s}$. As vazões previstas através da reamostragem baseada no ENOS são apresentadas na TABELA 5.8.

TABELA 5.7: Vazões observadas e previstas (m³/s) através do método ESP sem reamostragem

Ano	2004/05				2010/11				2015/16			
	Prob. Excedência			Observ.	Prob. Excedência			Observ.	Prob. Excedência			Observ.
	10%	50%	90%		10%	50%	90%		10%	50%	90%	
out	0,75	0,51	0,35	0,44	0,99	0,70	0,50	0,78	0,46	0,30	0,20	0,09
nov	1,54	0,96	0,59	0,57	1,81	1,16	0,74	1,84	1,06	0,61	0,35	0,16
dez	3,09	1,79	1,04	1,62	3,49	2,08	1,23	1,97	2,36	1,34	0,76	0,53
jan	4,21	2,26	1,21	2,76	4,64	2,56	1,41	2,09	3,41	1,87	1,02	2,50
fev	3,30	1,96	1,16	2,33	3,60	2,20	1,34	1,31	2,82	1,64	0,95	1,42
mar	3,22	1,92	1,14	2,47	3,44	2,09	1,27	2,32	2,86	1,64	0,95	1,08
abr	2,24	1,38	0,85	1,49	2,38	1,50	0,94	1,38	1,98	1,20	0,73	0,42
mai	1,55	1,00	0,64	1,30	1,66	1,09	0,72	0,86	1,39	0,87	0,55	0,37
jun	1,26	0,81	0,52	0,99	1,34	0,88	0,58	0,73	1,13	0,71	0,44	0,38
jul	0,92	0,63	0,42	0,72	0,98	0,68	0,47	0,54	0,82	0,55	0,36	0,21
ago	0,75	0,51	0,35	0,55	0,79	0,56	0,39	0,42	0,67	0,45	0,31	0,04
set	0,86	0,53	0,32	0,66	0,91	0,58	0,37	0,34	0,79	0,47	0,27	0,00

TABELA 5.8: Vazões observadas e previstas (m³/s) através do método ESP com reamostragem

Ano	2004/05				2010/11				2015/16			
	Prob. Excedência			Observ.	Prob. Excedência			Observ.	Prob. Excedência			Observ.
	10%	50%	90%		10%	50%	90%		10%	50%	90%	
out	0,90	0,66	0,48	0,44	0,93	0,69	0,51	0,78	0,50	0,33	0,22	0,09
nov	1,94	1,23	0,77	0,57	1,88	1,23	0,80	1,84	0,75	0,51	0,34	0,16
dez	3,37	1,88	1,05	1,62	3,61	1,96	1,06	1,97	2,14	1,49	1,04	0,53
jan	3,92	2,11	1,14	2,76	4,19	2,19	1,14	2,09	3,48	1,96	1,10	2,50
fev	3,15	2,03	1,31	2,33	3,32	2,19	1,45	1,31	3,44	1,92	1,07	1,42
mar	2,81	2,10	1,58	2,47	2,88	2,14	1,59	2,32	3,23	1,68	0,87	1,08
abr	1,67	1,33	1,07	1,49	1,72	1,36	1,07	1,38	2,95	1,50	0,76	0,42
mai	1,11	0,92	0,77	1,30	1,17	0,96	0,79	0,86	1,68	1,11	0,73	0,37
jun	0,94	0,78	0,65	0,99	0,98	0,81	0,66	0,73	1,39	0,90	0,59	0,38
jul	0,73	0,59	0,48	0,72	0,76	0,61	0,49	0,54	0,95	0,61	0,39	0,21
ago	0,61	0,50	0,41	0,55	0,64	0,53	0,43	0,42	0,77	0,43	0,24	0,04
set	0,80	0,52	0,34	0,66	0,84	0,57	0,39	0,34	1,00	0,48	0,23	0,00

Após a realização da previsão das vazões, foram realizadas simulações do nível de água (NA) do reservatório de Serra Azul, cujos resultados constam na TABELA 5.9 (previsões sem reamostragem) e na TABELA 5.10 (previsões com reamostragem).

TABELA 5.9: Resultados dos NAs simulados para previsões sem reamostragem (verde: cheio; amarelo: médio; rosa: vazio)

NA Inicial (m)	Vazão Aduzida (m ³ /s)	2004 (N)				2010 (F)				2015 (Q)			
		Prob. de excedência			Vazão Obs.	Prob. de excedência			Vazão Obs.	Prob. de excedência			Vazão Obs.
		10%	50%	90%		10%	50%	90%		10%	50%	90%	
745	0,2	760,0	758,7	753,3	759,9	760,0	760,0	754,8	758,9	760,0	756,5	751,3	751,5
	0,4	760,0	757,8	752,1	759,2	760,0	759,2	753,6	758,1	760,0	755,4	749,3	750,2
	0,6	760,0	756,9	750,8	758,3	760,0	758,4	752,4	757,2	760,0	754,3	748,2	748,4
	0,8	760,0	755,9	749,0	757,5	760,0	757,6	751,2	756,2	760,0	753,2	746,3	746,7
	1,6	759,4	751,2	739,4	753,2	759,6	753,4	743,6	751,6	757,1	747,3	738,0	738,0
	2,4	756,8	743,7	738,0	747,4	758,6	747,6	738,0	744,6	752,8	738,0	738,0	738,0
750	0,2	760,0	760,0	755,9	760,0	760,0	760,0	757,2	759,8	760,0	758,6	754,1	754,4
	0,4	760,0	759,7	754,8	760,0	760,0	760,0	756,2	759,7	760,0	757,7	753,0	753,2
	0,6	760,0	758,9	753,7	759,9	760,0	759,9	755,1	759,2	760,0	756,8	751,7	752,0
	0,8	760,0	758,1	752,5	759,4	760,0	759,5	754,0	758,3	760,0	755,8	750,4	750,7
	1,6	759,4	754,1	746,3	755,8	759,6	755,9	748,5	754,4	759,1	751,1	741,9	742,6
	2,4	758,5	748,6	732,5	751,2	758,6	751,3	738,1	748,9	755,4	743,5	738,0	738,0
755	0,2	760,0	760,0	759,0	760,0	760,0	760,0	759,8	759,8	760,0	760,0	757,6	757,8
	0,4	760,0	759,9	758,2	760,0	760,0	760,0	759,2	759,7	760,0	759,8	756,7	756,9
	0,6	760,0	759,8	757,3	759,9	760,0	759,9	758,4	759,5	760,0	759,6	755,7	755,9
	0,8	760,0	759,6	756,3	759,8	760,0	759,7	757,5	759,3	760,0	758,9	754,6	754,8
	1,6	759,4	757,6	751,8	758,9	759,6	758,7	753,4	757,8	759,2	755,2	749,1	749,3
	2,4	758,5	753,4	745,0	755,2	758,6	755,3	747,7	753,7	758,1	750,3	740,1	740,8
760	0,2	760,0	760,0	759,7	760,0	760,0	760,0	759,8	759,8	760,0	760,0	759,6	758,9
	0,4	760,0	759,9	759,5	760,0	760,0	760,0	759,6	759,7	760,0	759,8	759,3	758,4
	0,6	760,0	759,8	759,2	759,9	760,0	759,9	759,4	759,5	760,0	759,6	759,0	758,0
	0,8	760,0	759,6	758,9	759,8	760,0	759,7	759,1	759,3	760,0	759,4	758,6	757,5
	1,6	759,4	758,4	757,0	758,9	759,6	758,7	757,5	757,9	759,2	758,1	755,3	755,5
	2,4	758,5	756,8	752,6	757,6	758,6	757,2	754,1	756,2	758,1	755,9	750,6	750,8

TABELA 5.10: Resultados dos NAs simulados para previsões com reamostragem (verde: cheio; amarelo: médio; rosa: vazio)

NA Inicial (m)	Vazão Aduzida (m ³ /s)	2004 (N)				2010 (F)				2015 (Q)			
		Prob. de excedência			Vazão Obs.	Prob. de excedência			Vazão Obs.	Prob. de excedência			Vazão Obs.
		10%	50%	90%		10%	50%	90%		10%	50%	90%	
745	0,2	760,0	759,0	754,9	759,9	760,0	759,4	755,2	758,9	760,0	757,6	752,1	751,5
	0,4	760,0	758,1	753,7	759,2	760,0	758,6	754,1	758,1	760,0	756,7	750,8	750,2
	0,6	760,0	757,2	752,5	758,3	760,0	757,7	752,9	757,2	760,0	755,6	749,0	748,4
	0,8	759,9	756,3	751,3	757,5	760,0	756,8	751,7	756,2	760,0	754,6	747,6	746,7
	1,6	758,8	751,7	743,8	753,2	759,1	752,4	744,7	751,6	759,2	749,1	738,0	738,0
	2,4	755,0	744,8	738,0	747,4	756,0	746,1	738,0	744,6	755,5	739,7	738,0	738,0
750	0,2	760,0	760,0	757,2	760,0	760,0	760,0	757,5	759,8	760,0	759,5	754,9	754,4
	0,4	760,0	759,9	756,3	760,0	760,0	760,0	756,6	759,7	760,0	758,7	753,8	753,2
	0,6	760,0	759,2	755,2	759,9	760,0	759,6	755,6	759,2	760,0	757,9	752,6	752,0
	0,8	759,9	758,4	754,1	759,4	760,0	758,9	754,5	758,3	760,0	757,0	751,3	750,7
	1,6	759,0	754,5	748,6	755,8	759,1	755,1	749,0	754,4	759,6	752,6	743,9	742,6
	2,4	757,4	749,0	738,4	751,2	757,7	750,2	739,6	748,9	757,8	746,5	738,0	738,0
755	0,2	760,0	760,0	759,8	760,0	760,0	760,0	759,9	759,8	760,0	760,0	758,2	757,8
	0,4	760,0	759,9	759,3	760,0	760,0	760,0	759,5	759,7	760,0	759,8	757,3	756,9
	0,6	760,0	759,7	758,5	759,9	760,0	759,8	758,7	759,5	760,0	759,7	756,4	755,9
	0,8	759,9	759,5	757,6	759,8	760,0	759,6	757,9	759,3	760,0	759,5	755,3	754,8
	1,6	759,0	757,9	753,5	758,9	759,1	758,4	753,8	757,8	759,6	756,4	750,5	749,3
	2,4	757,5	753,8	747,8	755,2	757,7	754,4	748,3	753,7	758,7	751,9	742,3	740,8
760	0,2	760,0	760,0	759,8	760,0	760,0	760,0	759,9	759,8	760,0	760,0	759,6	758,9
	0,4	760,0	759,9	759,6	760,0	760,0	760,0	759,7	759,7	760,0	759,8	759,4	758,4
	0,6	760,0	759,7	759,4	759,9	760,0	759,8	759,5	759,5	760,0	759,7	759,1	758,0
	0,8	759,9	759,5	759,2	759,8	760,0	759,6	759,2	759,3	760,0	759,5	758,8	757,5
	1,6	759,0	758,3	757,7	758,9	759,1	758,5	757,8	757,9	759,6	758,5	756,0	755,5
	2,4	757,5	756,6	754,2	757,6	757,7	756,8	754,6	756,2	758,7	756,9	751,5	750,8

Percebe-se que, independentemente do estado inicial do reservatório, o mesmo apresentou em todos os casos ao menos uma alternativa de recuperação ou manutenção de seu volume ao final do ano hidrológico. Além disto, na maioria dos casos o reservatório manteve-se próximo ao seu nível inicial ou mesmo conseguiu finalizar o período com volume superior, como é o caso da vazão afluente de probabilidade de excedência de 90% e aduções inferiores a 0,8 m³/s (TABELA 5.9). Isto aponta para o bom dimensionamento do reservatório frente ao regime hidrológico da região e suas demandas de abastecimento.

As vazões com probabilidade de excedência de 50% resultaram, em grande parte dos casos, na recuperação parcial do volume do reservatório. Vazões afluentes com 10% de probabilidade de excedência, para NAs iniciais de 750 m, 755 m e 760 m, apresentaram resultados muito

semelhantes, indicando que o reservatório está vertendo água para jusante, sendo possível aumentar a vazão de captação (adução).

Os NAs calculados com as vazões observadas de 2004/05 e 2010/11 apresentaram maior similaridade com os NAs simuladas com vazões de 50% de probabilidade de excedência. Já para o ano de 2015/16, os NAs calculadas com 90% de probabilidade de excedência apresentaram maior similaridade com as simulações com vazões observadas, tendo em vista o período de estiagem prolongado pelo qual passou a região nesse ano.

Observando-se as tabelas, nota-se que o conjunto de alternativas a ser priorizado pelo operador do reservatório deve contemplar as opções que resultem na migração do volume inicial para uma categoria superior, ou seja, de vazio para médio ou cheio, ou de médio para cheio. Desta forma o operador garante um saldo positivo do volume ao longo do ano hidrológico. Contudo, cada alternativa envolve um certo risco, relacionado neste caso à probabilidade de excedência da vazão, e uma demanda de abastecimento a ser atendida. Portanto, para que seja tomada a decisão de operação, deve-se considerar o contexto de abastecimento no qual o reservatório se encontra, bem como o risco que o tomador de decisão pretende assumir.

Além disto, no caso do reservatório integrar um sistema de abastecimento que conte com mais de um manancial (como é o caso do sistema que abastece a RMBH), o operador pode optar por uma maior exploração do reservatório a fim de resguardar outros mananciais, tendo em vista que, conforme simulações realizadas, o reservatório apresenta boa capacidade de recuperação ao longo de um ano chuvoso.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho buscou avaliar o desempenho do método de previsão de vazões ESP na operação de um reservatório de água para abastecimento, bem como o ganho operacional com a introdução da informação probabilística.

Embora a bacia de Serra Azul seja monitorada há muitos anos, e dotada de várias estações pluviométricas e fluviométricas, houve a necessidade de estimar a afluência do reservatório através da vazão de único rio afluente, cuja área de drenagem é inferior a 44% da área total da bacia de Serra Azul. Tal fato se deu pela falta de informações disponíveis para os demais afluentes. Contudo, a série fluviométrica da estação Jardim apresentou continuidade e extensão suficientes para a realização estudo.

O modelo GR2M, com passo mensal, apresentou bom desempenho na representação da bacia do ribeirão Serra Azul, com elevado critério *NS* tanto na fase de calibração quanto na fase de validação. A calibração do modelo se deu de forma rápida e simples, mostrando-se viável para a aplicação operacional no gerenciamento de reservatórios. Embora se tenha observado viés nos resultados do modelo, o qual subestima as vazões máximas e superestima as vazões mínimas, a análise de incertezas do modelo mostrou que ainda assim o mesmo é robusto para aplicação proposta, sendo satisfatório principalmente na simulação das vazões mínimas, que possuem maior relevância para o abastecimento de água. O passo mensal da simulação se apresentou como suficiente diante da operação do reservatório, tendo em vista que o nível do reservatório varia lentamente e que as vazões aduzidas possuem pouca variação ao longo dos meses. O modelo de balanço hídrico conseguiu representar o sistema razoavelmente bem, com exceção do período de 2008 a 2009, para o qual os erros foram mais elevados.

O método de previsão ESP apresentou resultados razoáveis quando verificado através da estatística determinística clássica, compatível com resultados obtidos por outros autores. Em alguns casos, chegou a apresentar erros bastante elevados. Por outro lado, a verificação probabilística (diagramas de confiabilidade e ROC) apresentou resultados muito satisfatórios, melhores que os resultados obtidos em outros estudos.

O modelo apresentou baixa incerteza proveniente de seus parâmetros, muito inferior à faixa de variação dos membros do conjunto de previsão. A análise de sensibilidade apontou para uma

maior sensibilidade ao parâmetro X_2 , responsável por cerca de 66% (em média) da variância das vazões simuladas.

A previsão das vazões afluentes através do método ESP forneceu uma maior quantidade de informações ao inserir a incerteza na previsão. Assim, pode-se realizar simulações da variação de nível do reservatório utilizando-se valores de afluência com diferentes probabilidades de ocorrência, permitindo ao tomador de decisão optar por diferentes estratégias de operação.

Além disto, o método permitiu a avaliação das alternativas de previsão de forma mais complexa, considerando diferentes níveis de risco a serem assumidos durante a operação do reservatório. Através do método ESP pôde-se identificar alternativas para manutenção e recuperação do nível do reservatório mesmo em anos mais secos, com vazões de probabilidade de excedência de 90%.

O método de reamostragem através da classificação dos anos conforme as fases de ENOS não resultou ganhos significativos para a previsão. Esperava-se uma maior redução das amplitudes dos percentis de probabilidades de excedência das vazões previstas, ou seja, um achatamento dos gráficos de probabilidade de excedência, o que não ocorreu. Isto pode estar relacionado ao método de classificação dos anos hidrológicos em fases quente, neutra ou fria, ou ainda a algum tempo de retardamento após o qual os efeitos do ENOS passam a produzir maior impacto na precipitação da região. Talvez a reamostragem envolvendo totais anuais de precipitação ou até mesmo índices de SST resultem em resultados mais promissores.

Ainda há o que se desenvolver em termos de previsão por conjunto, principalmente para o setor de abastecimento público, é possível por meio de outros estudos, dar prosseguimento e complementar o que foi abordado neste trabalho. Portanto, recomenda-se:

- propor a previsão de vazões através do método ESP considerando-se condições de não-estacionariedade, mudanças climáticas (desde locais até globais) e alterações no uso e ocupação do solo;
- verificação de previsões de vazão mensal por ESP através de outros métodos de verificação probabilística, principalmente aqueles voltados a variáveis contínuas;

- definição de uma cota mínima para o deplecionamento a fim de não comprometer o abastecimento público para os anos seguintes; e
- análise econômica dos ganhos operacionais com a utilização de sistemas de previsão por conjunto.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, G. R. Estudo para Identificação de Tendências do Regime Pluvial na Região Metropolitana de Belo Horizonte a Partir de Métodos Estatísticos e Modelos Climáticos, 2009, 205 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, área de concentração Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) - Irrigation and drainage, 56, 1998. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm>>. Acessado em: 27 de maio de 2016.

ALVES, B. C. C.; SOUZA-FILHO, F. A.; SILVEIRA, C. S. Análise de tendências e padrões de variação das séries históricas de vazões do Operador Nacional do Sistema (ONS). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, vol. 18, n. 4, p. 19-34, 2013.

BARROS, M. Processos Estocásticos, 1ª ed. Rio de Janeiro: Papel Virtual, 2004. 423 p.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. Atmosfera, tempo e clima. Tradução de COSTA, R. C., 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 512 p.

BRACKEN, C.; RAJAGOPALAN, B.; PRAIRIE, J. Multisite seasonal ensemble streamflow forecasting technique. *Water Resources Research*, vol. 46, W03532, p. 1-12, 2010.

BRAVO, J. M.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Otimização de regras de operação de reservatórios com incorporação de previsão de vazão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, vol. 13, n. 1, p. 181-196, 2008.

CAMPAGNOLI, F.; DINIZ, N. C. (org.). Gestão de reservatórios de hidrelétricas. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DIAS, M. A. F. S.; SILVA, M. G. J. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463 p.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. Applied Hydrology. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1988. 564 p.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais, 2ª ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2015. 336 p.

COPASA, Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Nota Técnica: Estimativa da disponibilidade hídrica do Sistema Serra Azul para o ano de 2014. DVHD/SPAM/COPASA, 2014.

COPASA (a), Companhia de Saneamento de Minas Gerais. APE Manancial Serra Azul. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/meio-ambiente/protacao-de-mananciais/subconteudo/serra-azul/>>. Acessado em: 31 out. 2015.

COPASA (b), Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Nível dos reservatórios. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/abastecimento-de-agua/nivel-dos-reservatorios>>. Acessado em: 31 out. 2015.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Acompanhamento da estiagem na região sudeste do Brasil. Relatório 06/2016: Área de atuação da Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte. Belo Horizonte: CPRM, 2016

CROCHEMORE, L. Prévission saisonnière des débits pour la gestion de réservoirs. 2016, 181 f. Tese (Doutorado em Ciências) - École doctorale Géosciences, Ressources Naturelles et Environnement, l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Anthony, 2016.

DAGGUPATI, P.; PAI, N.; ALE, S.; DOUGLAS-MANKIN, K. R.; ZECKOSKI, R. W.; JEONG, J.; PARAJULI, P. B.; SARASWAT, D.; YOUSSEF, M. A. A recommended calibration and validation strategy for hydrologic and water quality models. In: Hydrologic and water quality model calibration guidelines. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, vol. 58(6), p-1705-1719, 2015.

DAY, G. N. Extended streamflow forecasting using NWSRFS. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 111(2), pp. 157-170, 1985.

DOOGE, J. C. I. Linear theory of hydrologic systems: Technical Bulletin No. 1468. Washington DC: U. S. Government Printing Office, 1973. p. 327.

EDIJATNO, C. M. Un modèle pluie-débit journalier à trois paramètres. *La Houille Blanche, International Water Journal*, n° 2, 1989.

EHLERS, R. S. Análise de series temporais (notas de aula), 9ª ed. Disponível em: <conteúdo.icmc.usp.br/pessoas/ehlers/stemp>. Acessado em: 20 mar 2017.

EUM, H. I.; KIM, Y. O. The value of updating ensemble streamflow prediction in reservoir operations. *Hydrological Processes*, vol. 24, p. 2888-2899, 2010.

FAN, F. M.; COLLISCHONN, W.; MELLER, A.; BOTELHO, L. C. M. Ensemble streamflow forecasting experiments in a tropical basin: The São Francisco river case study. *Journal of Hydrology*, vol. 519, p. 2906-2919, 2014.

FRANZ, K. J.; HARTMANN, H. C.; SOROOSHIAN, S.; BALES, R. Verification of National Weather Service Ensemble Streamflow Predictions for Water Supply Forecasting in the Colorado River Basin. *American Meteorological Society*, vol. 4, p. 1105-1118, 2013.

GALVÍNCIO, J. D.; SOUZA, F. A. S. Relação entre o fenômeno El Niño e os totais mensais precipitados na bacia hidrográfica do rio São Francisco. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, vol. 7, n. 4, p. 113-119, 2002.

HUARD, D.; MAILHOT, A. Calibration of hydrological model GR2M using Bayesian uncertainty analysis. *Water Resources Research*, vol. 44, p. 1-19, 2008.

KABOUYA, M. Modelisation pluie-débit aux pas de temps mensuel et annuel en Algerie septentrionale. 1990, 353 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Laboratoire d’Hydrologie et de Geochimie Isotopique Orsay, Université Paris Sud, Paris, 1990.

KLEMEŠ, V. Operational testing of hydrological simulation models. *Hydrological Sciences Journal*, vol. 31, p. 13-24, 1986.

LOUCKS, D. P.; van BEEK, E. Water Resources Systems Planning and Management: An introduction to methods, models and applications. Paris: UNESCO, 2005. 680 p.

MAKHLOUF, Z. Compléments sur le modèle pluie-débit GR4J et essai d’estimation de ses paramètres. 1994, 434 f. Tese (Doutorado em Ciências), Université Paris XI Orsay, 1994.

MARÍN, E. M. Hidrología Práctica. 2 ed. Madri: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2005. 56 p.

MELLER, A.; COLLISCHONN, W.; FAN, F.; BUARQUE, D. C.; PAIVA, R. C. D.; DIAS, P. L. D.; MOREIRA, D. S. Previsão de Cheias por Conjunto em Curto Prazo. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, vol. 19, n. 3, p. 33-49, 2014.

MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURI, N.; YANAGI, S. N. M. Sea surface temperature (SST) and rainfall erosivity in the Upper Grande River Basin, Southeast Brazil. *Ciencia e Agrotecnologia*, vol. 36, n. 1, p. 53-59, 2012.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. Séries Temporais. Coleção Métodos Quantitativos. São Paulo: Atual Editora, 1987.

MORIASI, D. N.; ARNOLD, J. G.; VAN LIEW, M. W.; BINGNER, R. L.; HARMEL, R. D.; VEITH, T. L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of American Society of Agricultural and Biological Engineers*, vol. 50 (3), p. 885-900, 2007.

MOUELHI, S. Vers une chaîne cohérente de modèles pluie-débit conceptuels globaux aux pas de temps pluriannuel, annuel, mensuel et journalier. 2003, 323 f. Tese (Doutorado em Geociências e Recursos Naturais) - l’Ecole Nationale du Genie Rural des Eaux et des Forets, Université Paris VI, Paris, 2003.

MOUELHI, S.; MICHEL, C.; PERRIN, C.; ANDRÉASSIAN, V. Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model. *Journal of Hydrology*, vol. 318, p. 200-214, 2006.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

NASCIMENTO, N. O. Appréciation à l’aide d’un modèle empirique des effets d’actions anthropiques sur la relation pluie-debit à l’échelle du bassin versant. 1995, 550 f. Tese (Doutorado em Ciências e Técnicas do Meio Ambiente) - Centre d’Enseignement et de Recherche pour la Gestion des Ressources Naturelles et de l’Environnement - CERGRENE, École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1995.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. River flow forecasting through conceptual models. Part I - A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, vol. 27 (3), p. 282–290, 1970.

NEVES, B. V. B. Geoprocessamento como ferramenta no estudo de correlação entre a dinâmica da cobertura vegetal e a evapotranspiração na bacia do ribeirão Serra Azul – MG. 2005, 221 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, área de concentração Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

NIEL, H.; PATUREL, J.; SERVAT, E. Study of parameter stability of a lumped hydrologic model in a context of climatic variability. *Journal of Hydrology*, vol. 278, p. 213-230, 2003.

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. Southern Oscillation Index (SOI). Disponível em: < <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/#soi-calculation>>. Acessado em: 20 set. 2017.

PAPPENBERGER, F.; RAMOS, M. H.; CLOKE, H. L.; WETTERHALL, F.; ALFIERI, L.; BOGNER, K.; MUELLER, A.; SALAMON, P. How do I know if my forecasts are better? Using benchmarks in hydrological ensemble prediction. *Journal of Hydrology*, vol. 522, p. 697-713, 2015.

PAZ, A. R. Hidrologia Aplicada. Apostila da Disciplina de Hidrologia Aplicada da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf>. Acessado em: 27 de maio de 2016.

PERRIN, C.; MICHEL, C.; ANDRÉASSIAN, V. Modèles hydrologiques du Génie Rural (GR). Cemagref, UR Hydrosystèmes et Bioprocédés, 2007. Disponível em: <https://webgr.irstea.fr/wp-content/uploads/2012/08/Modeles_GR_Resume.pdf>. Acessado em: 20 mai. 2017.

PINTO, E. J. A.; ABREU, M. L.; NAGHETTINI, M. C. Utilização de Indicadores Climáticos na Previsão Probabilística de Precipitações e Vazões na Bacia do Alto São Francisco. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, vol. 11, n. 4, p. 137-151, 2006.

PRINCE, A. A. Captação de água de superfície. In: HELLER, L., PÁDUA, V. L. (Org.). Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora UFMG. cap. 8, p. 378-382, 2006.

PSCHEIDT, I.; GRIMM, A. M. Frequency of extreme rainfall events in Southern Brazil modulated by interannual and interdecadal variability. *International Journal of Climatology*, vol. 29, n. 13, p. 1988-2011, 2009.

RAMOS, M. H.; VAN ANDEL, S. J.; PAPPENBERGER, F. Do probabilistic forecasts lead to better decisions? *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 17, p. 2219-2232, 2013.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, vol. 17, p. 206-226, 2015.

REIS, R. J. Estudo comparativo de modelos hidrológicos de estimativa de evaporação no Lago Serra Azul, MG. 1996, 109 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, área de concentração Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.

- ROCHA, P. C.; TOMMASELLI, J. T. G. Variabilidade hidrológica nas bacias dos rios Aguapeí e Peixe, região Oeste Paulista. *Revista Brasileira de Climatologia*, vol. 10, p. 69-84, 2012.
- SCHWANENBERG, D.; FAN, F. M.; NAUMANN, S.; KUWAJIMA, J. I.; MONTERO, R. A.; REIS, A. A. Short-Term Reservoir Optimization for Flood Mitigation under Meteorological and Hydrological Forecast Uncertainty: Application to the Três Marias Reservoir in Brazil. *Water Resources Management*, vol. 29, p. 1635-1651, 2015.
- SILVA, L. P. Hidrologia: engenharia e meio ambiente, 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 330 p.
- SILVA DIAS, M. A. F.; DIAS, J.; CARVALHO, L. M. V.; FREITAS, E. D.; SILVA DIAS, P. L. de. Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. *Climatic Change*, vol. 116, n. 3-4, p. 705-722, 2013.
- SONG, X.; ZHANG, J.; ZHAN, C.; XUAN, Y.; YE, M.; XU, C. Global sensitivity analysis in hydrological modeling: Review of concepts, methods, theoretical framework, and applications. *Journal of Hydrology*, vol. 522, p. 697-713, 2015.
- SOUZA-FILHO, F. A.; LALL, U. Seasonal to interannual ensemble streamflow forecasts for Ceara, Brazil: Applications of a multivariate, semiparametric algorithm. *Water Resources Research*, vol. 523, p. 739-757, 2015.
- SOUZA-FILHO, F. A.; LALL, U. Modelo de previsão de vazões sazonais e interanuais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, vol. 9, n. 2, p. 61-74, 2004.
- THIMOTTI, T. C. M. Concepção e avaliação de um sistema de previsão de vazões de longo termo. 2003, 205 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, área de concentração Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- TOJO SOLER, C. M.; SENTELHAS, P. C. C; HOOGENBOOM, G. The impact of El Niño Southern oscillation phases on off-season maize yield for a subtropical region of Brazil. *International Journal of Climatology*, vol. 30, n. 7, p. 1056-1066, 2010.
- TUCCI, C. E. M. Modelos hidrológicos, 2ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.
- VILANOVA, M. R. N. Tendências hidrológicas anuais e sazonais na bacia do rio Paraibuna, Parque Estadual da Serra do Mar (SP). *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, vol. 26, p. 301-316, 2014.
- WILKS, D. S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, 2ª ed. Amsterdam: Academic Press, 2006.
- WMO - World Meteorological Organization. Operational Hydrology Report nº 20: Long-range water-supply forecasting. DYHR-NIELSEN, M. (Ed.). Genebra: WMO, 1982.
- WMO - World Meteorological Organization. Hydrological Forecasting. In: Guide to Hydrological Practices, 6ª ed., v. 2. Genebra: WMO, 2009.

APÊNDICES

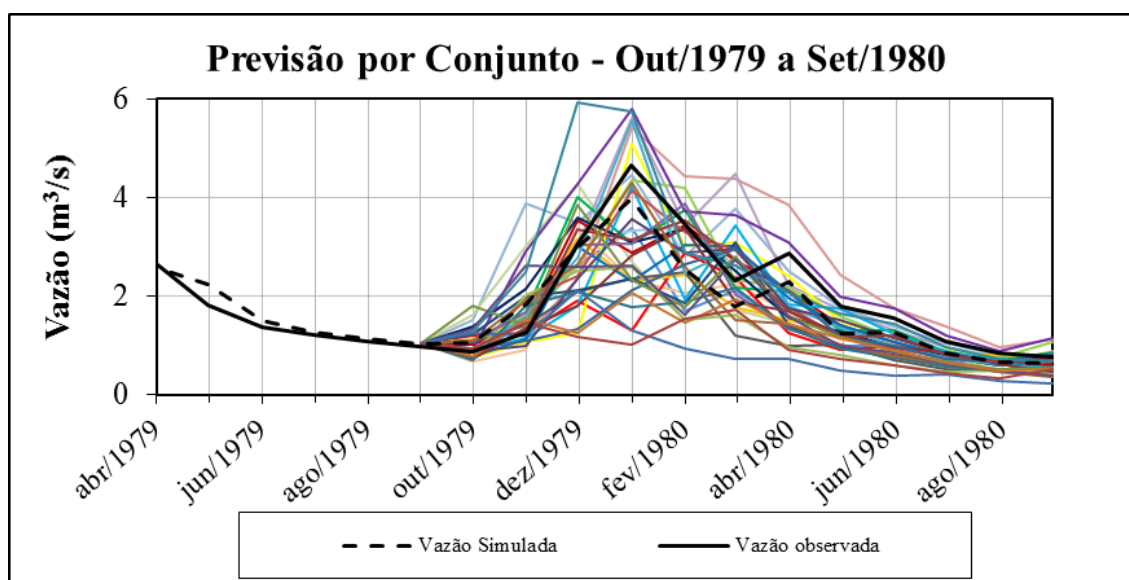
APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO DOS MESES E DOS ANOS HIDROLÓGICOS CONFORME O ÍNDICE DE OSCILAÇÃO SUL (SOI)

Ano Hidrológico	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	FASE ANO
1979	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1980	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1981	N	N	N	N	N	N	N	N	Q	Q	Q	Q	N
1982	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	Q
1983	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1984	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1985	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1986	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1987	N	N	N	N	N	N	N	N	F	F	F	F	N
1988	F	F	F	F	F	F	F	F	F	N	N	N	F
1989	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1990	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Q	Q	N
1991	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	Q
1992	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1993	Q	N	N	N	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N
1994	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	N	N	N	Q
1995	N	N	N	N	F	F	F	F	F	F	F	F	N
1996	N	N	N	N	N	N	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N
1997	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	F	F	F	F	Q
1998	F	F	F	F	F	F	F	F	N	N	N	N	F
1999	F	F	F	F	F	F	F	N	N	N	N	F	F
2000	F	F	F	F	F	F	N	N	N	N	N	N	F
2001	N	N	N	N	N	N	N	N	Q	Q	Q	Q	N
2002	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	N	N	N	Q
2003	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2004	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2005	N	N	F	F	F	F	F	N	N	Q	Q	Q	F
2006	Q	Q	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2007	F	F	F	F	F	F	F	N	N	F	F	F	F
2008	F	F	F	F	F	F	N	N	N	N	N	N	F
2009	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	F	F	F	F	F	Q
2010	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
2011	F	F	F	F	F	N	N	N	N	N	N	N	F
2012	N	N	N	N	N	F	F	F	F	F	N	N	N
2013	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Q	Q	N
2014	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	Q	Q	Q	Q	N
2015	Q	Q	Q	Q	Q	Q	N	N	N	N	N	N	Q
2016	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

APÊNDICE B – CONJUNTOS DE MEMBROS PARA CADA ANO DA SÉRIE (HINDCAST)

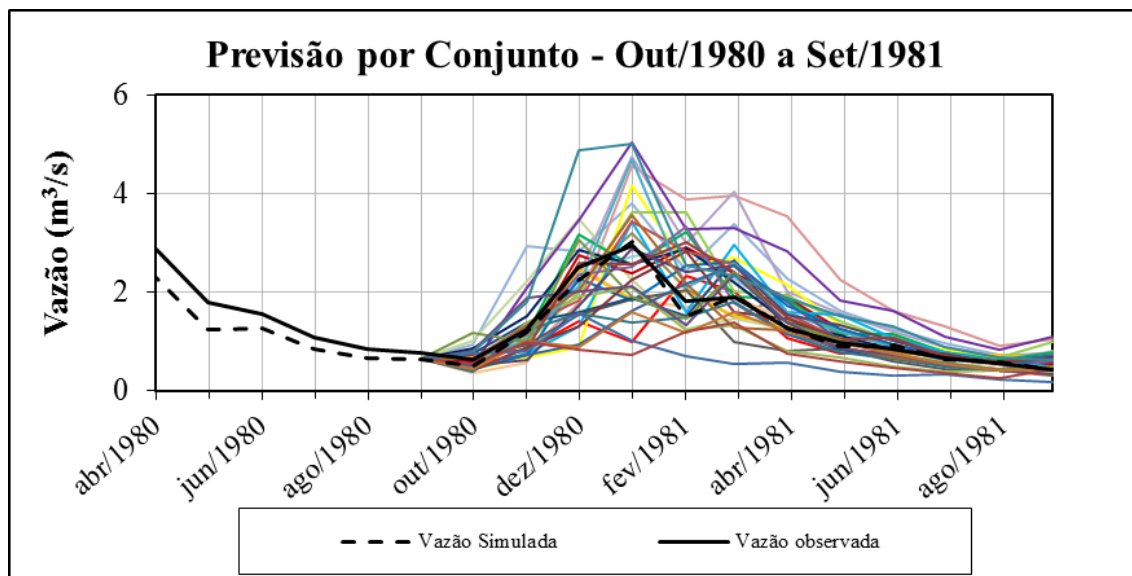
Área da bacia	113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											
	mês	set/80	out/80	nov/80	dez/80	jan/81	fev/81	mar/81	abr/81	mai/81	jun/81	jul/81	ago/81	set/81
1979	0,65	0,60	1,21	2,22	3,19	2,07	1,49	1,96	1,06	1,10	0,75	0,58	0,57	1,10
1980														
1981	0,65	0,96	2,93	2,83	3,80	2,43	3,39	2,29	1,61	1,26	0,97	0,74	0,64	9,04
1982	0,65	0,84	0,79	1,78	4,57	3,88	3,96	3,54	2,25	1,62	1,30	0,92	1,06	20,96
1983	0,65	1,02	2,24	3,50	2,26	1,27	1,47	1,26	0,87	0,65	0,50	0,58	0,81	4,04
1984	0,65	0,64	1,03	2,35	4,75	2,99	4,04	2,02	1,56	1,20	0,89	0,71	0,77	10,92
1985	0,65	0,52	1,00	2,37	2,73	2,90	2,27	1,55	1,24	0,93	0,78	0,72	0,54	2,40
1986	0,65	0,37	0,57	2,56	1,87	1,70	1,92	1,44	0,98	0,91	0,66	0,51	0,73	1,98
1987	0,65	0,61	0,97	2,74	2,38	2,92	2,38	1,88	1,25	0,95	0,70	0,55	0,55	3,39
1988	0,65	0,73	0,84	1,41	0,99	2,34	2,03	1,06	0,77	0,84	0,73	0,60	0,59	5,73
1989	0,65	0,68	1,09	2,46	1,86	2,03	1,51	1,30	1,11	0,77	0,72	0,72	0,65	1,97
1990	0,65	0,43	0,69	0,89	4,17	2,56	2,70	2,14	1,33	1,02	0,83	0,63	0,70	6,11
1991	0,65	0,66	0,99	2,00	3,61	3,62	2,03	1,93	1,42	1,03	0,78	0,68	0,99	5,94
1992	0,65	0,65	1,14	3,17	2,54	3,22	1,90	1,86	1,16	1,16	0,78	0,64	0,78	4,63
1993	0,65	0,52	0,75	1,31	3,44	1,60	2,97	1,59	1,54	1,08	0,78	0,60	0,49	2,88
1994	0,65	0,45	0,72	2,29	1,84	2,54	2,62	1,73	1,25	0,93	0,70	0,54	0,60	3,49
1995	0,65	0,85	1,53	2,86	2,58	2,88	2,20	1,39	1,13	0,85	0,70	0,58	0,72	2,89
1996	0,65	0,53	2,10	3,45	5,03	3,28	3,30	2,82	1,84	1,64	1,11	0,83	1,09	15,84
1997	0,65	0,65	0,95	1,56	1,87	2,05	1,00	0,82	0,86	0,60	0,44	0,43	0,33	3,37
1998	0,65	0,75	1,40	1,61	1,90	1,52	2,66	1,22	0,84	0,69	0,54	0,41	0,37	2,40
1999	0,65	0,50	1,33	1,83	3,44	2,82	2,56	1,57	1,04	0,83	0,68	0,60	0,67	2,64
2000	0,65	0,44	1,39	1,92	2,10	1,23	1,35	0,80	0,68	0,50	0,40	0,41	0,39	1,94
2001	0,65	0,66	1,16	2,35	2,52	3,33	1,78	1,15	0,88	0,68	0,55	0,45	0,62	3,69
2002	0,65	0,51	1,08	2,12	4,70	2,10	2,59	1,59	1,20	0,89	0,67	0,57	0,46	3,82
2003	0,65	0,41	0,89	1,32	2,26	2,83	1,60	1,47	1,05	0,83	0,75	0,54	0,41	3,41
2004	0,65	0,51	0,64	1,73	2,89	2,42	2,55	1,54	1,34	1,02	0,74	0,57	0,68	2,11
2005	0,65	0,39	1,23	1,56	1,38	1,50	1,82	1,16	0,79	0,65	0,50	0,42	0,49	3,31
2006	0,65	0,66	1,33	2,04	3,58	2,19	1,29	1,23	0,88	0,68	0,56	0,42	0,32	1,36
2007	0,65	0,55	0,72	0,93	1,62	2,17	2,54	1,81	1,02	0,87	0,64	0,61	0,74	5,06
2008	0,65	0,45	0,86	2,59	2,57	3,02	2,40	1,50	1,04	1,06	0,72	0,61	0,64	3,04
2009	0,65	1,17	0,98	3,06	1,91	1,47	2,43	1,40	1,03	0,77	0,59	0,45	0,49	2,72
2010	0,65	0,82	1,90	2,02	2,14	1,33	2,36	1,40	0,87	0,74	0,55	0,43	0,34	1,75
2011	0,65	0,79	1,80	4,89	5,01	2,55	2,34	1,88	1,51	1,32	0,88	0,67	0,63	13,69
2012	0,65	0,44	1,03	0,89	1,60	1,17	1,60	1,21	0,97	0,75	0,56	0,42	0,45	4,14
2013	0,65	0,76	0,81	1,58	1,01	0,72	0,56	0,56	0,40	0,31	0,33	0,23	0,18	8,59
2014	0,65	0,56	1,00	0,85	0,75	1,19	1,40	0,75	0,60	0,48	0,36	0,27	0,45	8,25
Observado	0,65	0,50	1,19	2,24	3,02	1,52	1,93	1,26	0,91	0,92	0,64	0,59	0,44	
Mediana		0,61	1,03	2,04	2,52	2,34	2,27	1,50	1,05	0,87	0,70	0,58	0,60	
Erro		0,11	-0,16	-0,20	-0,49	0,82	0,35	0,24	0,14	-0,05	0,06	-0,01	0,49	
Simul.Hist		0,40	1,00	1,99	2,77	1,40	1,79	1,18	0,85	0,86	0,60	0,55	0,41	
Erro Modelo		-20%	-16%	-11%	-8%	-8%	-7%	-7%	-7%	-6%	-6%	-6%	-6%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



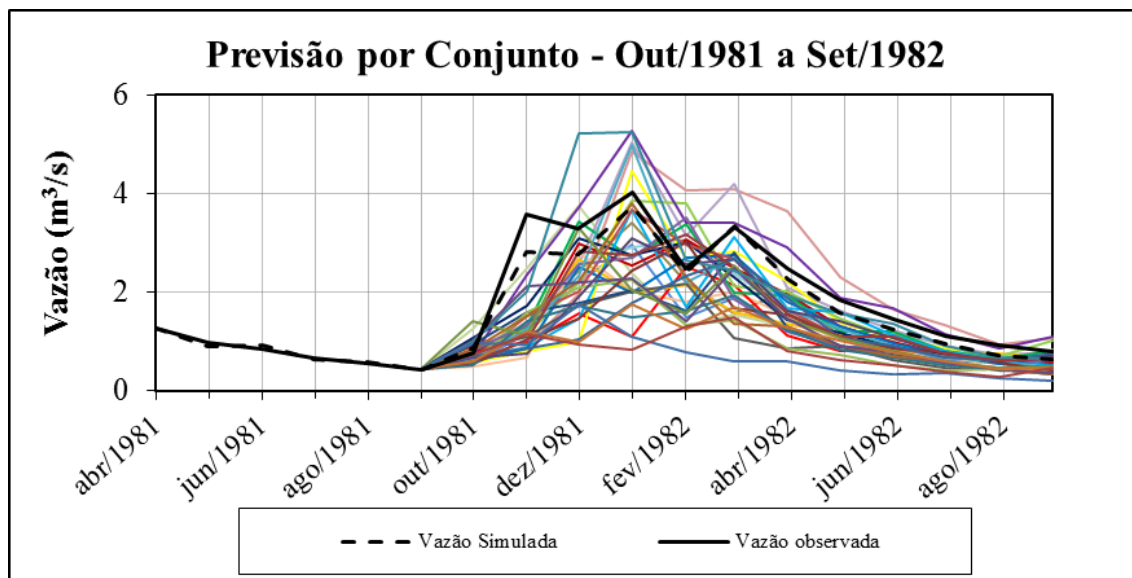
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/80	out/80	nov/80	dez/80	jan/81	fev/81	mar/81	abr/81	mai/81	jun/81	jul/81	ago/81	set/81	
1979	0,65	0,60	1,21	2,22	3,19	2,07	1,49	1,96	1,06	1,10	0,75	0,58	0,57	0,96
1980														
1981	0,65	0,96	2,93	2,83	3,80	2,43	3,39	2,29	1,61	1,26	0,97	0,74	0,64	8,25
1982	0,65	0,84	0,79	1,78	4,57	3,88	3,96	3,54	2,25	1,62	1,30	0,92	1,06	20,24
1983	0,65	1,02	2,24	3,50	2,26	1,27	1,47	1,26	0,87	0,65	0,50	0,58	0,81	3,29
1984	0,65	0,64	1,03	2,35	4,75	2,99	4,04	2,02	1,56	1,20	0,89	0,71	0,77	10,51
1985	0,65	0,52	1,00	2,37	2,73	2,90	2,27	1,55	1,24	0,93	0,78	0,72	0,54	1,67
1986	0,65	0,37	0,57	2,56	1,87	1,70	1,92	1,44	0,98	0,91	0,66	0,51	0,73	1,80
1987	0,65	0,61	0,97	2,74	2,38	2,92	2,38	1,88	1,25	0,95	0,70	0,55	0,55	2,37
1988	0,65	0,73	0,84	1,41	0,99	2,34	2,03	1,06	0,77	0,84	0,73	0,60	0,59	5,56
1989	0,65	0,68	1,09	2,46	1,86	2,03	1,51	1,30	1,11	0,77	0,72	0,72	0,65	1,48
1990	0,65	0,43	0,69	0,89	4,17	2,56	2,70	2,14	1,33	1,02	0,83	0,63	0,70	6,68
1991	0,65	0,66	0,99	2,00	3,61	3,62	2,03	1,93	1,42	1,03	0,78	0,68	0,99	5,08
1992	0,65	0,65	1,14	3,17	2,54	3,22	1,90	1,86	1,16	1,16	0,78	0,64	0,78	3,21
1993	0,65	0,52	0,75	1,31	3,44	1,60	2,97	1,59	1,54	1,08	0,78	0,60	0,49	3,63
1994	0,65	0,45	0,72	2,29	1,84	2,54	2,62	1,73	1,25	0,93	0,70	0,54	0,60	2,93
1995	0,65	0,85	1,53	2,86	2,58	2,88	2,20	1,39	1,13	0,85	0,70	0,58	0,72	1,74
1996	0,65	0,53	2,10	3,45	5,03	3,28	3,30	2,82	1,84	1,64	1,11	0,83	1,09	14,62
1997	0,65	0,65	0,95	1,56	1,87	2,05	1,00	0,82	0,86	0,60	0,44	0,43	0,33	3,35
1998	0,65	0,75	1,40	1,61	1,90	1,52	2,66	1,22	0,84	0,69	0,54	0,41	0,37	2,68
1999	0,65	0,50	1,33	1,83	3,44	2,82	2,56	1,57	1,04	0,83	0,68	0,60	0,67	2,36
2000	0,65	0,44	1,39	1,92	2,10	1,23	1,35	0,80	0,68	0,50	0,40	0,41	0,39	2,27
2001	0,65	0,66	1,16	2,35	2,52	3,33	1,78	1,15	0,88	0,68	0,55	0,45	0,62	2,63
2002	0,65	0,51	1,08	2,12	4,70	2,10	2,59	1,59	1,20	0,89	0,67	0,57	0,46	4,01
2003	0,65	0,41	0,89	1,32	2,26	2,83	1,60	1,47	1,05	0,83	0,75	0,54	0,41	3,22
2004	0,65	0,51	0,64	1,73	2,89	2,42	2,55	1,54	1,34	1,02	0,74	0,57	0,68	2,07
2005	0,65	0,39	1,23	1,56	1,38	1,50	1,82	1,16	0,79	0,65	0,50	0,42	0,49	3,62
2006	0,65	0,66	1,33	2,04	3,58	2,19	1,29	1,23	0,88	0,68	0,56	0,42	0,32	1,25
2007	0,65	0,55	0,72	0,93	1,62	2,17	2,54	1,81	1,02	0,87	0,64	0,61	0,74	5,40
2008	0,65	0,45	0,86	2,59	2,57	3,02	2,40	1,50	1,04	1,06	0,72	0,61	0,64	2,17
2009	0,65	1,17	0,98	3,06	1,91	1,47	2,43	1,40	1,03	0,77	0,59	0,45	0,49	2,14
2010	0,65	0,82	1,90	2,02	2,14	1,33	2,36	1,40	0,87	0,74	0,55	0,43	0,34	1,88
2011	0,65	0,79	1,80	4,89	5,01	2,55	2,34	1,88	1,51	1,32	0,88	0,67	0,63	12,02
2012	0,65	0,44	1,03	0,89	1,60	1,17	1,60	1,21	0,97	0,75	0,56	0,42	0,45	5,02
2013	0,65	0,76	0,81	1,58	1,01	0,72	0,56	0,56	0,40	0,31	0,33	0,23	0,18	9,18
2014	0,65	0,56	1,00	0,85	0,75	1,19	1,40	0,75	0,60	0,48	0,36	0,27	0,45	8,99
Observado	0,79	0,64	1,23	2,51	2,94	1,81	1,90	1,27	0,97	0,86	0,66	0,56	0,44	
Mediana		0,61	1,03	2,04	2,52	2,34	2,27	1,50	1,05	0,87	0,70	0,58	0,60	
Erro		-0,03	-0,20	-0,47	-0,41	0,53	0,37	0,24	0,08	0,01	0,04	0,02	0,49	
Simul.Hist		0,40	1,00	1,99	2,77	1,40	1,79	1,18	0,85	0,86	0,60	0,55	0,41	
Erro Modelo		-37%	-19%	-21%	-6%	-23%	-6%	-7%	-12%	0%	-9%	-1%	-6%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



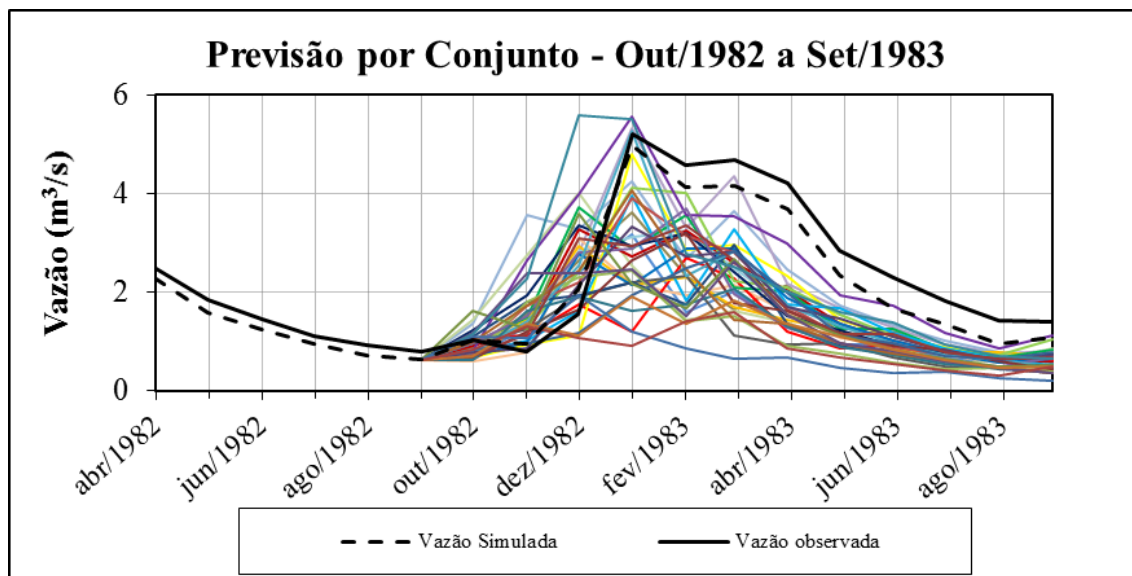
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/81	out/81	nov/81	dez/81	jan/82	fev/82	mar/82	abr/82	mai/82	jun/82	jul/82	ago/82	set/82	
1979	0,44	0,77	1,39	2,43	3,40	2,20	1,57	2,05	1,11	1,14	0,78	0,61	0,59	5,85
1980	0,44	0,54	1,17	2,19	2,97	1,50	1,90	1,25	0,90	0,91	0,63	0,58	0,43	8,47
1981	0,44	1,05	0,91	1,97	4,85	4,05	4,10	3,65	2,31	1,66	1,34	0,94	1,08	11,88
1982	0,44	1,26	2,49	3,75	2,40	1,35	1,55	1,32	0,91	0,68	0,53	0,60	0,84	9,26
1983	0,44	0,83	1,20	2,57	5,02	3,13	4,19	2,09	1,62	1,24	0,92	0,73	0,80	5,70
1984	0,44	0,69	1,16	2,60	2,92	3,07	2,38	1,62	1,30	0,97	0,81	0,75	0,56	5,51
1985	0,44	0,50	0,68	2,81	2,01	1,82	2,03	1,52	1,03	0,95	0,69	0,54	0,76	10,87
1986	0,44	0,78	1,12	2,99	2,54	3,08	2,49	1,96	1,30	0,99	0,73	0,57	0,57	5,94
1987	0,44	0,92	0,98	1,57	1,09	2,51	2,15	1,13	0,81	0,89	0,77	0,63	0,61	15,36
1988	0,44	0,86	1,26	2,68	2,00	2,16	1,60	1,37	1,16	0,81	0,76	0,76	0,68	9,77
1989	0,44	0,58	0,82	1,01	4,46	2,71	2,83	2,23	1,39	1,07	0,86	0,65	0,72	8,20
1990	0,44	0,85	1,15	2,20	3,85	3,80	2,13	2,02	1,48	1,08	0,82	0,70	1,02	6,91
1991	0,44	0,83	1,31	3,44	2,71	3,39	2,00	1,94	1,21	1,21	0,81	0,66	0,81	6,96
1992	0,44	0,68	0,88	1,46	3,69	1,71	3,12	1,67	1,61	1,13	0,82	0,63	0,51	6,47
1993	0,44	0,60	0,85	2,52	1,98	2,70	2,75	1,81	1,31	0,98	0,73	0,56	0,62	8,01
1994	0,44	1,07	1,73	3,09	2,74	3,03	2,30	1,45	1,18	0,88	0,73	0,60	0,74	4,88
1995	0,44	0,70	2,37	3,71	5,28	3,42	3,41	2,91	1,89	1,68	1,14	0,85	1,11	5,60
1996	0,44	0,83	1,10	1,72	2,03	2,19	1,06	0,88	0,92	0,64	0,47	0,45	0,35	15,39
1997	0,44	0,95	1,60	1,77	2,05	1,63	2,80	1,29	0,88	0,73	0,56	0,43	0,38	8,26
1998	0,44	0,65	1,53	2,01	3,67	2,97	2,68	1,64	1,09	0,86	0,71	0,63	0,69	3,96
1999	0,44	0,59	1,60	2,11	2,26	1,33	1,44	0,85	0,72	0,53	0,42	0,44	0,41	12,67
2000	0,44	0,85	1,33	2,57	2,70	3,51	1,86	1,21	0,92	0,72	0,58	0,47	0,65	8,83
2001	0,44	0,67	1,25	2,33	4,97	2,21	2,71	1,66	1,26	0,93	0,69	0,60	0,48	5,40
2002	0,44	0,55	1,05	1,48	2,45	3,01	1,69	1,55	1,11	0,87	0,79	0,56	0,43	10,70
2003	0,44	0,67	0,76	1,93	3,10	2,57	2,68	1,61	1,40	1,06	0,77	0,59	0,70	6,46
2004	0,44	0,53	1,42	1,73	1,50	1,62	1,94	1,22	0,84	0,69	0,52	0,45	0,52	12,97
2005	0,44	0,85	1,52	2,23	3,81	2,32	1,36	1,30	0,93	0,71	0,59	0,44	0,34	7,91
2006	0,44	0,71	0,85	1,06	1,78	2,32	2,68	1,90	1,07	0,92	0,67	0,63	0,77	11,73
2007	0,44	0,60	1,01	2,84	2,75	3,19	2,52	1,57	1,09	1,11	0,75	0,63	0,67	6,50
2008	0,44	1,43	1,12	3,32	2,04	1,57	2,55	1,47	1,07	0,81	0,61	0,47	0,51	8,99
2009	0,44	1,02	2,14	2,20	2,29	1,42	2,48	1,47	0,92	0,78	0,58	0,45	0,36	6,18
2010	0,44	1,00	2,03	5,22	5,25	2,66	2,43	1,95	1,56	1,36	0,91	0,69	0,64	10,03
2011	0,44	0,59	1,20	1,01	1,75	1,27	1,70	1,28	1,03	0,80	0,59	0,45	0,47	15,45
2012	0,44	0,96	0,94	1,75	1,11	0,79	0,61	0,61	0,43	0,34	0,36	0,25	0,20	27,22
2013	0,44	0,72	1,15	0,95	0,83	1,30	1,50	0,80	0,64	0,52	0,38	0,29	0,47	23,24
2014	0,44	0,89	2,83	2,76	3,73	2,39	3,35	2,26	1,60	1,25	0,96	0,73	0,64	
Observado	0,44	0,77	1,17	2,20	2,70	2,32	2,30	1,55	1,09	0,91	0,73	0,60	0,61	
Mediana		-0,12	-1,66	-0,56	-1,03	-0,07	-1,04	-0,72	-0,51	-0,34	-0,23	-0,14	0,57	
Erro		1,18	3,24	3,04	4,01	2,56	3,52	2,37	1,67	1,30	1,00	0,76	0,66	
Simul.Hist		33%	14%	10%	8%	7%	5%	5%	4%	4%	4%	4%	4%	
Erro Modelo														

Obs.: em destaque membro de menor erro



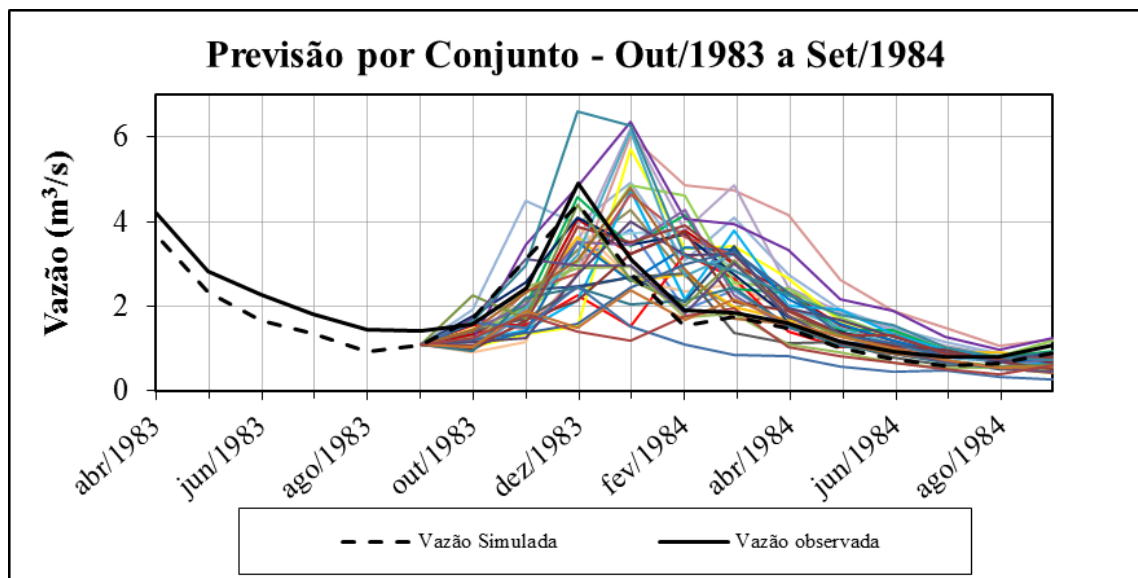
Área da bacia	113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/82	out/82	nov/82	dez/82	jan/83	fev/83	mar/83	abr/83	mai/83	jun/83	jul/83	ago/83	set/83	
1979	0,64	0,90	1,57	2,66	3,62	2,33	1,66	2,15	1,16	1,19	0,81	0,63	0,61	29,13
1980	0,64	0,64	1,34	2,41	3,19	1,60	2,02	1,32	0,95	0,96	0,67	0,61	0,45	37,87
1981	0,64	1,36	3,56	3,27	4,24	2,69	3,66	2,45	1,72	1,34	1,03	0,78	0,68	23,12
1982														
1983	0,64	1,45	2,75	4,02	2,55	1,44	1,64	1,38	0,96	0,71	0,55	0,63	0,87	52,89
1984	0,64	0,96	1,36	2,81	5,32	3,29	4,35	2,17	1,67	1,28	0,95	0,75	0,82	11,84
1985	0,64	0,80	1,33	2,85	3,12	3,24	2,50	1,70	1,36	1,01	0,85	0,78	0,58	25,13
1986	0,64	0,59	0,80	3,10	2,17	1,95	2,15	1,60	1,09	1,00	0,73	0,57	0,79	38,97
1987	0,64	0,91	1,28	3,27	2,72	3,26	2,61	2,04	1,36	1,03	0,76	0,59	0,59	26,38
1988	0,64	1,07	1,12	1,75	1,20	2,70	2,27	1,20	0,87	0,94	0,81	0,66	0,64	42,54
1989	0,64	1,00	1,43	2,93	2,16	2,30	1,70	1,45	1,22	0,85	0,79	0,79	0,71	39,97
1990	0,64	0,68	0,95	1,14	4,79	2,87	2,97	2,33	1,45	1,11	0,90	0,68	0,75	15,09
1991	0,64	0,98	1,31	2,42	4,11	4,00	2,23	2,11	1,54	1,12	0,85	0,73	1,05	17,66
1992	0,64	0,97	1,49	3,74	2,89	3,58	2,10	2,03	1,26	1,26	0,85	0,69	0,83	28,50
1993	0,64	0,80	1,01	1,63	3,96	1,82	3,28	1,75	1,68	1,18	0,85	0,65	0,53	22,19
1994	0,64	0,70	0,99	2,77	2,14	2,88	2,89	1,90	1,37	1,02	0,76	0,59	0,65	28,68
1995	0,64	1,23	1,94	3,35	2,92	3,19	2,41	1,52	1,23	0,92	0,76	0,63	0,77	30,81
1996	0,64	0,82	2,64	4,00	5,55	3,57	3,54	3,00	1,95	1,73	1,17	0,88	1,14	15,32
1997	0,64	0,96	1,25	1,91	2,19	2,34	1,14	0,94	0,97	0,67	0,50	0,48	0,37	47,57
1998	0,64	1,10	1,80	1,95	2,21	1,75	2,95	1,35	0,93	0,77	0,59	0,45	0,40	38,76
1999	0,64	0,77	1,73	2,21	3,92	3,14	2,81	1,72	1,14	0,90	0,74	0,65	0,71	21,95
2000	0,64	0,69	1,81	2,32	2,43	1,43	1,53	0,91	0,77	0,57	0,45	0,46	0,43	51,22
2001	0,64	0,98	1,51	2,81	2,89	3,70	1,96	1,28	0,97	0,75	0,61	0,49	0,67	33,04
2002	0,64	0,78	1,43	2,55	5,27	2,34	2,84	1,73	1,31	0,97	0,72	0,62	0,50	22,88
2003	0,64	0,64	1,21	1,65	2,65	3,20	1,79	1,63	1,17	0,92	0,83	0,59	0,45	31,13
2004	0,64	0,79	0,88	2,14	3,33	2,73	2,82	1,69	1,47	1,11	0,80	0,62	0,73	22,59
2005	0,64	0,62	1,62	1,91	1,64	1,75	2,06	1,30	0,89	0,73	0,56	0,47	0,54	46,55
2006	0,64	0,99	1,72	2,45	4,06	2,46	1,44	1,37	0,98	0,75	0,62	0,46	0,36	35,44
2007	0,64	0,83	0,98	1,19	1,95	2,50	2,83	2,00	1,13	0,96	0,70	0,66	0,80	30,37
2008	0,64	0,70	1,16	3,11	2,95	3,37	2,64	1,65	1,14	1,16	0,78	0,66	0,69	26,36
2009	0,64	1,63	1,27	3,60	2,19	1,68	2,68	1,54	1,13	0,85	0,64	0,49	0,53	41,46
2010	0,64	1,18	2,39	2,40	2,46	1,52	2,62	1,54	0,96	0,82	0,61	0,47	0,38	40,66
2011	0,64	1,15	2,27	5,58	5,50	2,78	2,53	2,02	1,61	1,40	0,94	0,71	0,66	35,34
2012	0,64	0,70	1,37	1,13	1,91	1,37	1,82	1,36	1,09	0,85	0,63	0,47	0,50	46,35
2013	0,64	1,11	1,08	1,94	1,21	0,86	0,67	0,67	0,47	0,37	0,39	0,27	0,21	72,79
2014	0,64	0,84	1,31	1,07	0,92	1,42	1,61	0,86	0,69	0,55	0,41	0,32	0,50	61,19
Observado	0,80	1,04	0,79	1,55	5,20	4,57	4,68	4,22	2,84	2,29	1,83	1,44	1,41	
Mediana		0,90	1,36	2,45	2,89	2,50	2,41	1,63	1,14	0,96	0,76	0,62	0,64	
Erro		-0,14	0,57	0,90	-2,31	-2,08	-2,28	-2,59	-1,70	-1,33	-1,07	-0,82	0,60	
Simul.Hist		1,21	1,04	2,17	5,14	4,25	4,25	3,76	2,37	1,70	1,37	0,96	1,10	
Erro Modelo		17%	32%	40%	-1%	-7%	-9%	-11%	-16%	-25%	-25%	-33%	-22%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



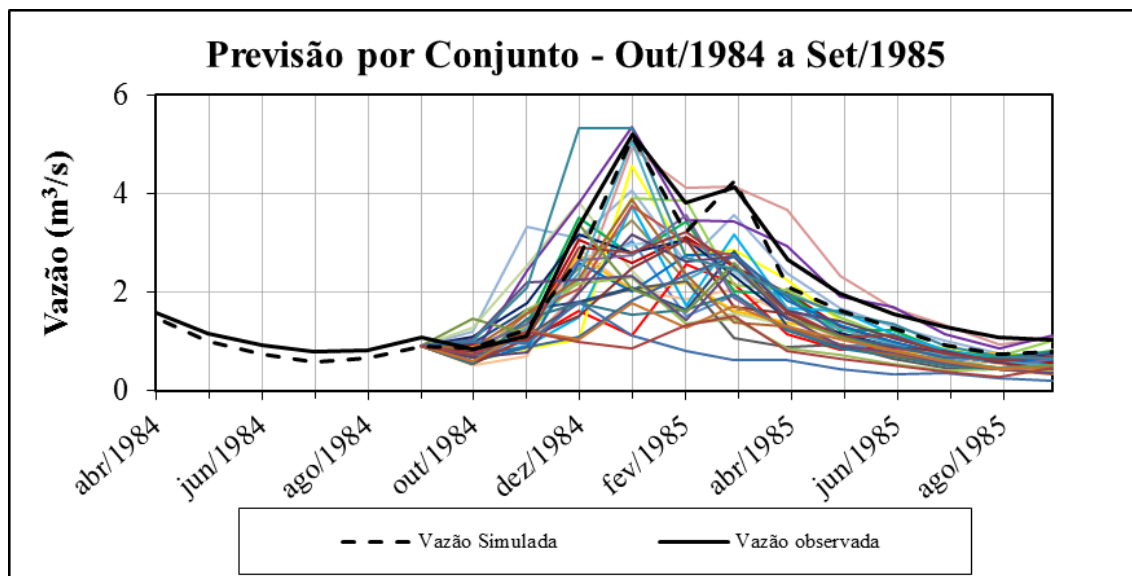
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/83	out/83	nov/83	dez/83	jan/84	fev/84	mar/84	abr/84	mai/84	jun/84	jul/84	ago/84	set/84	
1979	1,09	1,32	2,13	3,32	4,30	2,74	1,94	2,46	1,34	1,37	0,93	0,73	0,70	6,00
1980	1,09	0,97	1,86	3,06	3,83	1,93	2,37	1,55	1,12	1,12	0,78	0,71	0,53	5,32
1981	1,09	1,94	4,51	3,94	4,92	3,10	4,11	2,74	1,93	1,50	1,16	0,88	0,76	17,78
1982	1,09	1,74	1,44	2,76	6,03	4,85	4,75	4,15	2,62	1,88	1,51	1,06	1,22	41,55
1983														
1984	1,09	1,41	1,86	3,52	6,21	3,80	4,87	2,44	1,88	1,44	1,07	0,85	0,92	26,30
1985	1,09	1,20	1,83	3,57	3,74	3,79	2,88	1,95	1,56	1,16	0,97	0,89	0,66	7,92
1986	1,09	0,91	1,16	3,91	2,65	2,35	2,53	1,87	1,27	1,17	0,85	0,66	0,91	4,16
1987	1,09	1,34	1,76	4,06	3,26	3,80	2,99	2,33	1,55	1,18	0,88	0,68	0,68	7,15
1988	1,09	1,56	1,55	2,27	1,53	3,26	2,67	1,41	1,03	1,10	0,95	0,77	0,74	13,05
1989	1,09	1,46	1,95	3,65	2,61	2,74	2,00	1,70	1,42	0,99	0,92	0,91	0,81	3,02
1990	1,09	1,03	1,35	1,53	5,73	3,37	3,41	2,66	1,66	1,28	1,03	0,78	0,85	26,09
1991	1,09	1,45	1,80	3,06	4,87	4,61	2,57	2,40	1,75	1,28	0,97	0,83	1,18	16,03
1992	1,09	1,42	2,03	4,59	3,44	4,15	2,42	2,32	1,44	1,43	0,97	0,79	0,94	6,67
1993	1,09	1,19	1,43	2,13	4,75	2,18	3,78	2,02	1,92	1,35	0,98	0,75	0,61	16,65
1994	1,09	1,06	1,40	3,50	2,61	3,41	3,33	2,18	1,58	1,18	0,88	0,68	0,74	8,76
1995	1,09	1,77	2,57	4,10	3,47	3,70	2,76	1,75	1,41	1,06	0,87	0,72	0,87	5,11
1996	1,09	1,22	3,45	4,83	6,38	4,06	3,96	3,33	2,16	1,91	1,30	0,97	1,25	26,31
1997	1,09	1,41	1,72	2,45	2,69	2,80	1,37	1,13	1,16	0,81	0,60	0,57	0,45	8,61
1998	1,09	1,59	2,40	2,48	2,70	2,11	3,42	1,58	1,09	0,90	0,70	0,53	0,47	9,17
1999	1,09	1,15	2,34	2,79	4,65	3,65	3,21	1,97	1,31	1,04	0,86	0,75	0,81	12,32
2000	1,09	1,04	2,44	2,92	2,95	1,73	1,83	1,09	0,92	0,68	0,54	0,55	0,51	5,22
2001	1,09	1,44	2,05	3,51	3,46	4,30	2,27	1,49	1,13	0,88	0,71	0,57	0,77	8,41
2002	1,09	1,16	1,95	3,21	6,16	2,73	3,24	1,98	1,50	1,11	0,83	0,71	0,57	15,90
2003	1,09	0,98	1,68	2,15	3,24	3,77	2,10	1,91	1,36	1,07	0,96	0,69	0,52	12,73
2004	1,09	1,18	1,25	2,76	4,01	3,22	3,26	1,96	1,69	1,28	0,93	0,72	0,83	11,42
2005	1,09	0,95	2,21	2,45	2,04	2,14	2,44	1,54	1,06	0,87	0,66	0,56	0,64	8,39
2006	1,09	1,44	2,32	3,08	4,81	2,89	1,70	1,60	1,14	0,88	0,73	0,54	0,42	7,88
2007	1,09	1,23	1,39	1,59	2,44	3,00	3,30	2,31	1,32	1,12	0,82	0,77	0,92	16,70
2008	1,09	1,06	1,62	3,89	3,53	3,93	3,03	1,90	1,32	1,33	0,90	0,76	0,79	8,07
2009	1,09	2,28	1,70	4,41	2,63	2,02	3,10	1,77	1,30	0,99	0,75	0,58	0,61	3,44
2010	1,09	1,70	3,12	2,98	2,96	1,83	3,04	1,79	1,12	0,96	0,71	0,55	0,44	6,27
2011	1,09	1,67	2,97	6,62	6,27	3,18	2,86	2,26	1,81	1,56	1,05	0,80	0,74	17,32
2012	1,09	1,05	1,89	1,50	2,40	1,70	2,18	1,62	1,29	1,00	0,75	0,56	0,59	13,30
2013	1,09	1,61	1,49	2,49	1,54	1,10	0,85	0,84	0,59	0,47	0,49	0,34	0,27	13,01
2014	1,09	1,25	1,80	1,42	1,20	1,79	1,95	1,05	0,84	0,68	0,51	0,39	0,60	17,38
Observado	1,41	1,57	2,43	4,93	3,10	1,90	1,84	1,59	1,16	0,94	0,81	0,82	1,09	
Mediana		1,32	1,86	3,06	3,46	3,10	2,86	1,91	1,34	1,12	0,88	0,72	0,74	
Erro		-0,24	-0,57	-1,86	0,36	1,20	1,01	0,31	0,18	0,18	0,07	-0,10	0,69	
Simul.Hist		2,04	3,53	4,83	3,00	1,71	1,92	1,60	1,11	0,83	0,65	0,73	0,98	
Erro Modelo		30%	45%	-2%	-3%	-10%	4%	1%	-4%	-11%	-20%	-11%	-10%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



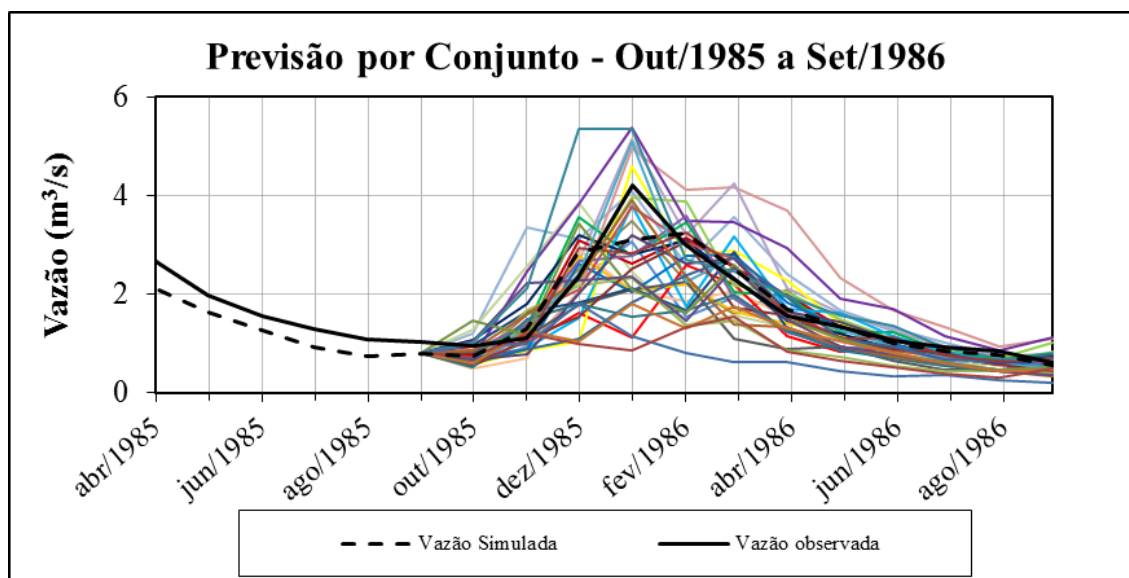
Área da bacia	113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/84	out/84	nov/84	dez/84	jan/85	fev/85	mar/85	abr/85	mai/85	jun/85	jul/85	ago/85	set/85	
1979	0,91	0,79	1,43	2,49	3,46	2,23	1,60	2,08	1,13	1,16	0,79	0,61	0,60	14,70
1980	0,91	0,56	1,21	2,25	3,03	1,53	1,93	1,27	0,91	0,92	0,64	0,59	0,44	20,57
1981	0,91	1,22	3,33	3,10	4,07	2,59	3,56	2,39	1,68	1,31	1,01	0,77	0,67	8,68
1982	0,91	1,08	0,94	2,02	4,93	4,11	4,14	3,68	2,33	1,67	1,34	0,94	1,09	3,12
1983	0,91	1,29	2,56	3,82	2,44	1,37	1,58	1,34	0,92	0,69	0,54	0,61	0,84	27,13
1984														
1985	0,91	0,70	1,20	2,66	2,97	3,12	2,42	1,64	1,32	0,98	0,82	0,75	0,56	11,26
1986	0,91	0,52	0,71	2,89	2,06	1,85	2,07	1,54	1,05	0,97	0,70	0,55	0,77	21,69
1987	0,91	0,80	1,16	3,07	2,59	3,13	2,52	1,98	1,32	1,00	0,74	0,57	0,58	11,95
1988	0,91	0,95	1,01	1,62	1,12	2,56	2,18	1,15	0,83	0,90	0,78	0,64	0,62	29,65
1989	0,91	0,89	1,30	2,75	2,05	2,20	1,63	1,39	1,18	0,82	0,77	0,77	0,69	22,51
1990	0,91	0,60	0,85	1,04	4,55	2,75	2,87	2,26	1,40	1,08	0,87	0,66	0,73	9,70
1991	0,91	0,87	1,19	2,26	3,92	3,86	2,16	2,04	1,49	1,09	0,82	0,71	1,03	7,92
1992	0,91	0,86	1,36	3,52	2,76	3,45	2,02	1,97	1,22	1,22	0,82	0,67	0,81	12,29
1993	0,91	0,70	0,91	1,51	3,76	1,74	3,16	1,69	1,63	1,14	0,83	0,63	0,52	12,62
1994	0,91	0,61	0,89	2,59	2,03	2,75	2,79	1,84	1,33	0,99	0,74	0,57	0,63	15,87
1995	0,91	1,10	1,79	3,16	2,79	3,07	2,33	1,47	1,19	0,89	0,74	0,61	0,75	13,24
1996	0,91	0,72	2,44	3,79	5,36	3,46	3,45	2,94	1,91	1,69	1,15	0,86	1,12	2,79
1997	0,91	0,85	1,14	1,77	2,07	2,23	1,08	0,89	0,93	0,65	0,48	0,46	0,36	30,61
1998	0,91	0,97	1,65	1,82	2,09	1,66	2,84	1,30	0,89	0,74	0,57	0,44	0,39	23,57
1999	0,91	0,67	1,58	2,06	3,74	3,02	2,72	1,66	1,10	0,87	0,72	0,63	0,70	9,52
2000	0,91	0,60	1,65	2,17	2,31	1,35	1,46	0,87	0,74	0,54	0,43	0,44	0,41	30,61
2001	0,91	0,87	1,38	2,64	2,75	3,56	1,89	1,23	0,94	0,73	0,59	0,47	0,65	16,51
2002	0,91	0,68	1,30	2,39	5,06	2,25	2,75	1,68	1,27	0,94	0,70	0,60	0,49	8,11
2003	0,91	0,56	1,09	1,52	2,50	3,06	1,72	1,57	1,12	0,89	0,80	0,57	0,43	20,30
2004	0,91	0,69	0,79	1,98	3,16	2,61	2,72	1,64	1,42	1,08	0,78	0,60	0,71	11,73
2005	0,91	0,54	1,47	1,78	1,54	1,66	1,97	1,25	0,85	0,70	0,53	0,45	0,52	30,61
2006	0,91	0,87	1,58	2,29	3,88	2,35	1,38	1,32	0,94	0,72	0,60	0,45	0,34	17,72
2007	0,91	0,73	0,88	1,09	1,82	2,37	2,72	1,93	1,09	0,93	0,68	0,64	0,78	22,90
2008	0,91	0,61	1,05	2,91	2,81	3,24	2,55	1,59	1,10	1,12	0,76	0,64	0,67	11,55
2009	0,91	1,47	1,16	3,39	2,08	1,60	2,59	1,49	1,09	0,82	0,62	0,48	0,52	21,21
2010	0,91	1,05	2,20	2,25	2,34	1,45	2,52	1,49	0,93	0,79	0,59	0,45	0,37	23,17
2011	0,91	1,03	2,09	5,32	5,32	2,70	2,46	1,97	1,58	1,37	0,92	0,70	0,65	10,17
2012	0,91	0,61	1,24	1,04	1,79	1,30	1,74	1,30	1,04	0,81	0,60	0,45	0,48	33,46
2013	0,91	0,98	0,98	1,80	1,14	0,81	0,63	0,63	0,44	0,35	0,37	0,26	0,20	50,46
2014	0,91	0,74	1,19	0,98	0,85	1,34	1,53	0,82	0,65	0,53	0,39	0,30	0,48	45,27
Observado	1,09	0,86	1,12	3,32	5,20	3,81	4,14	2,66	1,99	1,57	1,30	1,10	1,04	
Mediana		0,79	1,21	2,26	2,75	2,37	2,33	1,57	1,10	0,92	0,74	0,60	0,62	
Erro		-0,07	0,09	-1,07	-2,44	-1,44	-1,81	-1,09	-0,89	-0,64	-0,56	-0,50	0,58	
Simul.Hist		0,85	1,24	2,64	5,11	3,18	4,23	2,11	1,63	1,25	0,93	0,74	0,80	
Erro Modelo		-1%	10%	-21%	-2%	-17%	2%	-21%	-18%	-20%	-29%	-33%	-22%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



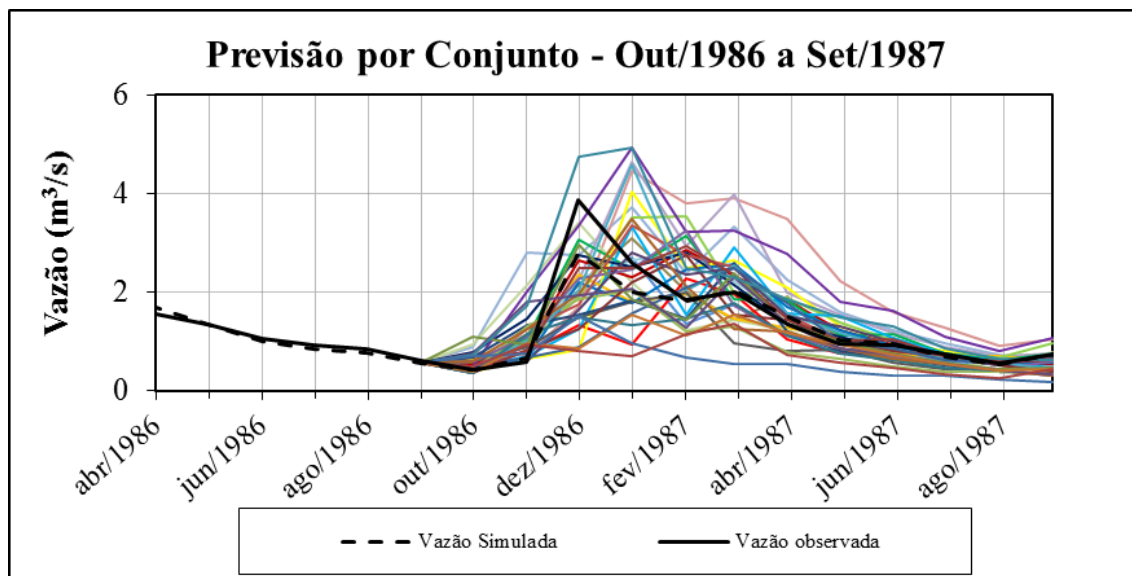
Área da bacia	113	km ²	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
			set/85	out/85	nov/85	dez/85	jan/86	fev/86	mar/86	abr/86	mai/86	jun/86	jul/86	
1979	0,81	0,78	1,45	2,52	3,49	2,25	1,61	2,09	1,13	1,16	0,79	0,62	0,60	2,17
1980	0,81	0,54	1,22	2,28	3,06	1,54	1,95	1,28	0,92	0,93	0,65	0,59	0,44	4,25
1981	0,81	1,21	3,36	3,13	4,10	2,61	3,58	2,40	1,69	1,32	1,01	0,77	0,67	8,38
1982	0,81	1,07	0,95	2,04	4,96	4,13	4,16	3,69	2,34	1,68	1,35	0,95	1,09	11,74
1983	0,81	1,28	2,58	3,86	2,46	1,38	1,59	1,34	0,93	0,69	0,54	0,61	0,85	11,39
1984	0,81	0,84	1,25	2,67	5,14	3,20	4,25	2,12	1,64	1,26	0,93	0,74	0,81	5,32
1985														
1986	0,81	0,50	0,72	2,92	2,07	1,87	2,08	1,55	1,05	0,97	0,70	0,55	0,77	6,90
1987	0,81	0,79	1,18	3,10	2,61	3,15	2,54	1,99	1,33	1,01	0,75	0,58	0,58	3,58
1988	0,81	0,94	1,02	1,64	1,14	2,59	2,20	1,15	0,83	0,91	0,78	0,64	0,62	10,70
1989	0,81	0,87	1,32	2,78	2,06	2,21	1,64	1,40	1,19	0,83	0,77	0,77	0,69	6,08
1990	0,81	0,58	0,86	1,06	4,59	2,77	2,88	2,27	1,41	1,09	0,87	0,66	0,73	2,95
1991	0,81	0,86	1,20	2,28	3,95	3,88	2,17	2,05	1,50	1,09	0,83	0,72	1,03	1,38
1992	0,81	0,84	1,37	3,56	2,78	3,47	2,04	1,98	1,23	1,23	0,83	0,67	0,82	4,23
1993	0,81	0,69	0,92	1,53	3,79	1,75	3,18	1,70	1,64	1,15	0,83	0,64	0,52	3,44
1994	0,81	0,60	0,90	2,61	2,05	2,77	2,80	1,85	1,33	0,99	0,74	0,57	0,63	5,49
1995	0,81	1,09	1,80	3,19	2,82	3,09	2,34	1,48	1,20	0,90	0,74	0,61	0,75	3,36
1996	0,81	0,70	2,47	3,83	5,39	3,48	3,46	2,95	1,91	1,70	1,15	0,86	1,12	10,01
1997	0,81	0,84	1,15	1,80	2,09	2,25	1,09	0,90	0,94	0,65	0,48	0,46	0,36	8,04
1998	0,81	0,96	1,67	1,84	2,11	1,67	2,86	1,31	0,90	0,74	0,58	0,44	0,39	7,73
1999	0,81	0,66	1,60	2,09	3,77	3,04	2,73	1,67	1,11	0,88	0,72	0,64	0,70	0,97
2000	0,81	0,59	1,67	2,19	2,33	1,37	1,48	0,88	0,74	0,55	0,44	0,45	0,42	8,92
2001	0,81	0,86	1,39	2,67	2,78	3,58	1,90	1,24	0,94	0,73	0,59	0,48	0,66	3,41
2002	0,81	0,67	1,31	2,42	5,09	2,26	2,76	1,69	1,28	0,94	0,71	0,60	0,49	1,80
2003	0,81	0,55	1,10	1,54	2,53	3,08	1,73	1,58	1,13	0,89	0,81	0,58	0,43	4,21
2004	0,81	0,68	0,79	2,01	3,19	2,63	2,74	1,65	1,43	1,08	0,78	0,60	0,71	1,79
2005	0,81	0,53	1,49	1,80	1,56	1,67	1,99	1,25	0,86	0,71	0,54	0,46	0,53	10,32
2006	0,81	0,86	1,59	2,32	3,91	2,37	1,39	1,33	0,95	0,73	0,60	0,45	0,35	2,21
2007	0,81	0,72	0,89	1,11	1,84	2,39	2,74	1,94	1,10	0,93	0,68	0,65	0,78	8,18
2008	0,81	0,60	1,06	2,94	2,83	3,26	2,57	1,60	1,11	1,13	0,76	0,64	0,68	2,71
2009	0,81	1,46	1,17	3,43	2,10	1,62	2,60	1,49	1,10	0,82	0,62	0,48	0,52	8,27
2010	0,81	1,04	2,23	2,27	2,36	1,46	2,54	1,50	0,94	0,80	0,59	0,46	0,37	7,66
2011	0,81	1,01	2,11	5,36	5,35	2,71	2,47	1,97	1,58	1,38	0,92	0,70	0,65	11,85
2012	0,81	0,59	1,25	1,05	1,81	1,31	1,75	1,31	1,05	0,82	0,61	0,46	0,48	11,22
2013	0,81	0,97	0,99	1,82	1,15	0,82	0,63	0,64	0,44	0,35	0,37	0,26	0,20	20,24
2014	0,81	0,73	1,21	1,00	0,87	1,35	1,54	0,83	0,66	0,53	0,39	0,30	0,49	18,28
Observado	1,04	0,96	1,12	2,34	4,22	3,00	2,31	1,56	1,35	1,06	0,93	0,85	0,61	
Mediana		0,79	1,25	2,28	2,78	2,39	2,34	1,58	1,11	0,93	0,74	0,60	0,63	
Erro		-0,17	0,13	-0,05	-1,44	-0,60	0,04	0,02	-0,24	-0,13	-0,19	-0,25	0,57	
Simul.Hist		0,54	1,22	2,28	3,06	1,54	1,95	1,28	0,92	0,93	0,65	0,59	0,44	
Erro Modelo		-44%	9%	-3%	-28%	-49%	-16%	-18%	-32%	-12%	-30%	-31%	-27%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



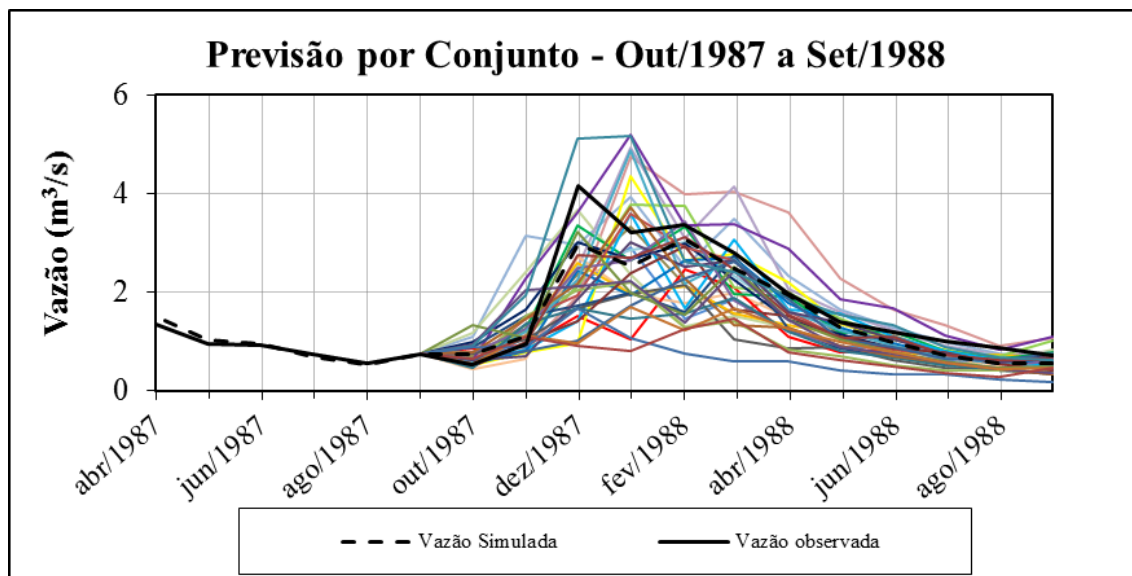
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/86	out/86	nov/86	dez/86	jan/87	fev/87	mar/87	abr/87	mai/87	jun/87	jul/87	ago/87	set/87	
1979	0,58	0,55	1,14	2,14	3,11	2,03	1,46	1,92	1,04	1,08	0,73	0,57	0,56	4,33
1980	0,58	0,37	0,94	1,91	2,69	1,36	1,75	1,16	0,83	0,84	0,59	0,54	0,41	4,50
1981	0,58	0,89	2,82	2,75	3,72	2,39	3,34	2,26	1,59	1,24	0,96	0,73	0,64	11,16
1982	0,58	0,77	0,74	1,71	4,46	3,80	3,90	3,50	2,22	1,60	1,29	0,91	1,05	22,90
1983	0,58	0,95	2,14	3,40	2,20	1,24	1,44	1,23	0,85	0,64	0,49	0,57	0,80	3,91
1984	0,58	0,59	0,98	2,27	4,64	2,93	3,98	1,99	1,54	1,19	0,88	0,70	0,77	12,86
1985	0,58	0,48	0,94	2,28	2,65	2,84	2,23	1,52	1,22	0,91	0,77	0,71	0,53	3,89
1986														
1987	0,58	0,56	0,91	2,65	2,31	2,85	2,33	1,84	1,23	0,93	0,69	0,54	0,54	3,20
1988	0,58	0,67	0,79	1,35	0,96	2,27	1,98	1,04	0,75	0,82	0,71	0,59	0,57	9,56
1989	0,58	0,62	1,04	2,37	1,81	1,97	1,48	1,27	1,08	0,75	0,71	0,71	0,64	3,51
1990	0,58	0,39	0,65	0,84	4,05	2,50	2,64	2,10	1,31	1,01	0,81	0,62	0,69	12,87
1991	0,58	0,61	0,93	1,92	3,52	3,55	1,99	1,90	1,40	1,02	0,77	0,67	0,98	8,31
1992	0,58	0,60	1,08	3,06	2,47	3,15	1,87	1,83	1,14	1,15	0,77	0,63	0,77	2,99
1993	0,58	0,48	0,70	1,25	3,34	1,56	2,91	1,56	1,51	1,06	0,77	0,59	0,48	8,82
1994	0,58	0,41	0,68	2,20	1,78	2,48	2,56	1,70	1,23	0,92	0,69	0,53	0,59	4,44
1995	0,58	0,79	1,46	2,77	2,51	2,82	2,16	1,36	1,11	0,83	0,69	0,57	0,71	3,13
1996	0,58	0,49	2,01	3,35	4,93	3,22	3,25	2,79	1,82	1,62	1,10	0,82	1,08	14,72
1997	0,58	0,59	0,90	1,49	1,81	1,99	0,97	0,80	0,84	0,58	0,43	0,42	0,33	8,28
1998	0,58	0,69	1,33	1,55	1,84	1,48	2,60	1,20	0,82	0,67	0,52	0,40	0,36	7,44
1999	0,58	0,45	1,26	1,76	3,35	2,76	2,52	1,54	1,02	0,81	0,67	0,59	0,66	6,69
2000	0,58	0,40	1,32	1,85	2,04	1,20	1,32	0,78	0,66	0,49	0,39	0,40	0,38	6,75
2001	0,58	0,61	1,10	2,27	2,46	3,25	1,74	1,13	0,86	0,67	0,54	0,44	0,61	5,18
2002	0,58	0,46	1,02	2,04	4,59	2,05	2,55	1,56	1,18	0,88	0,66	0,56	0,46	8,07
2003	0,58	0,37	0,84	1,27	2,19	2,76	1,56	1,43	1,03	0,81	0,74	0,53	0,40	8,27
2004	0,58	0,47	0,60	1,66	2,80	2,36	2,50	1,51	1,32	1,00	0,72	0,56	0,67	5,65
2005	0,58	0,36	1,16	1,50	1,33	1,46	1,78	1,13	0,77	0,63	0,48	0,41	0,48	8,13
2006	0,58	0,61	1,26	1,96	3,48	2,14	1,26	1,21	0,86	0,66	0,55	0,41	0,32	5,96
2007	0,58	0,50	0,68	0,89	1,57	2,11	2,49	1,77	1,00	0,85	0,62	0,59	0,73	10,51
2008	0,58	0,41	0,81	2,50	2,50	2,95	2,36	1,47	1,02	1,05	0,71	0,60	0,64	3,37
2009	0,58	1,09	0,93	2,96	1,86	1,44	2,38	1,37	1,01	0,76	0,57	0,44	0,48	2,38
2010	0,58	0,75	1,81	1,95	2,08	1,29	2,31	1,37	0,85	0,73	0,54	0,42	0,34	6,26
2011	0,58	0,73	1,72	4,76	4,92	2,50	2,30	1,85	1,49	1,30	0,87	0,66	0,62	8,76
2012	0,58	0,40	0,97	0,85	1,54	1,13	1,55	1,18	0,95	0,74	0,55	0,41	0,44	11,35
2013	0,58	0,70	0,76	1,51	0,98	0,69	0,54	0,55	0,38	0,30	0,32	0,23	0,18	13,84
2014	0,58	0,51	0,94	0,81	0,72	1,15	1,36	0,73	0,58	0,47	0,35	0,27	0,44	15,10
Observado	0,61	0,44	0,60	3,88	2,59	1,84	2,01	1,35	0,96	0,94	0,75	0,57	0,75	
Mediana		0,56	0,97	1,95	2,47	2,27	2,23	1,47	1,03	0,84	0,69	0,57	0,57	
Erro		0,12	0,37	-1,93	-0,12	0,43	0,22	0,12	0,07	-0,10	-0,06	0,00	0,54	
Simul.Hist		0,37	0,94	1,91	2,69	1,36	1,75	1,16	0,83	0,84	0,59	0,54	0,41	
Erro Modelo		-17%	58%	-51%	4%	-26%	-13%	-15%	-13%	-10%	-21%	-5%	-46%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



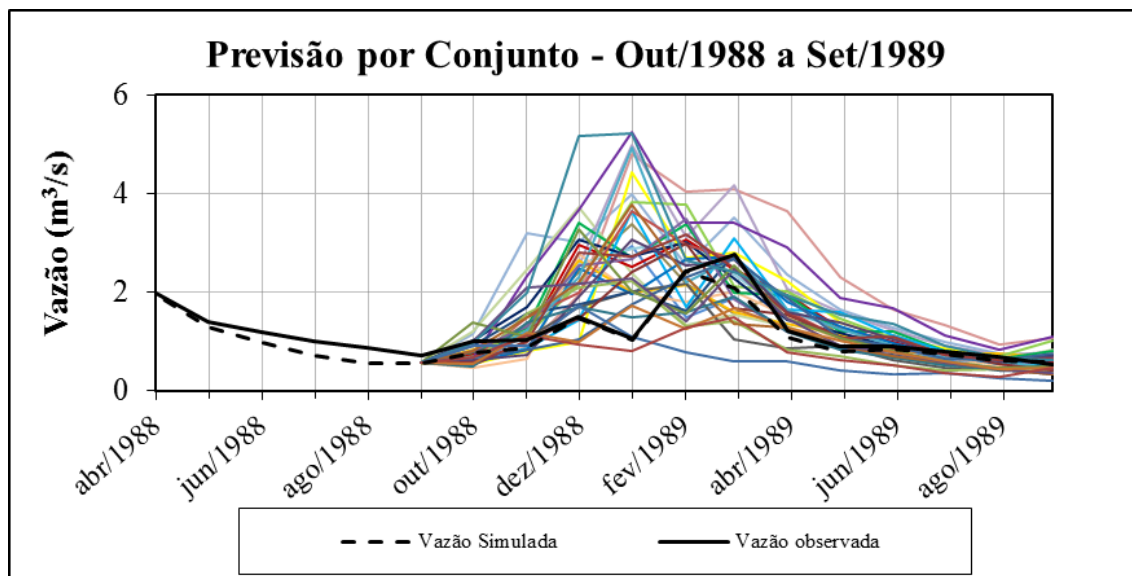
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)												Erro
	set/87	out/87	nov/87	dez/87	jan/88	fev/88	mar/88	abr/88	mai/88	jun/88	jul/88	ago/88	set/88		
1979	0,76	0,71	1,32	2,36	3,33	2,15	1,54	2,02	1,10	1,13	0,77	0,60	0,58	6,70	
1980	0,76	0,49	1,11	2,12	2,90	1,46	1,86	1,23	0,88	0,89	0,62	0,57	0,43	9,96	
1981	0,76	1,11	3,13	2,97	3,94	2,51	3,48	2,34	1,65	1,29	0,99	0,75	0,65	8,49	
1982	0,76	0,98	0,87	1,90	4,75	3,99	4,05	3,61	2,29	1,64	1,32	0,93	1,07	13,51	
1983	0,76	1,18	2,40	3,66	2,35	1,32	1,52	1,30	0,90	0,67	0,52	0,60	0,83	10,65	
1984	0,76	0,76	1,14	2,50	4,93	3,08	4,14	2,07	1,60	1,23	0,91	0,72	0,79	7,74	
1985	0,76	0,63	1,11	2,52	2,85	3,01	2,34	1,59	1,28	0,96	0,80	0,74	0,55	3,45	
1986	0,76	0,46	0,64	2,73	1,96	1,78	1,99	1,49	1,01	0,94	0,68	0,53	0,75	7,55	
1987															
1988	0,76	0,85	0,93	1,51	1,06	2,45	2,10	1,11	0,80	0,87	0,76	0,62	0,60	14,36	
1989	0,76	0,80	1,20	2,61	1,96	2,11	1,57	1,35	1,14	0,80	0,74	0,75	0,67	7,88	
1990	0,76	0,53	0,78	0,97	4,36	2,66	2,78	2,20	1,37	1,05	0,85	0,64	0,71	12,14	
1991	0,76	0,78	1,09	2,13	3,77	3,74	2,10	1,99	1,46	1,06	0,81	0,70	1,01	5,27	
1992	0,76	0,77	1,26	3,35	2,65	3,34	1,96	1,91	1,19	1,19	0,80	0,65	0,80	1,95	
1993	0,76	0,63	0,84	1,41	3,60	1,67	3,07	1,64	1,59	1,11	0,81	0,62	0,51	10,95	
1994	0,76	0,55	0,81	2,44	1,93	2,64	2,70	1,78	1,29	0,96	0,72	0,56	0,61	5,42	
1995	0,76	1,00	1,66	3,01	2,69	2,98	2,27	1,43	1,16	0,87	0,72	0,60	0,73	3,34	
1996	0,76	0,64	2,28	3,62	5,20	3,37	3,37	2,88	1,87	1,67	1,13	0,85	1,10	7,78	
1997	0,76	0,77	1,05	1,67	1,97	2,14	1,04	0,86	0,90	0,62	0,46	0,44	0,35	14,79	
1998	0,76	0,88	1,53	1,72	2,00	1,59	2,75	1,26	0,87	0,71	0,55	0,42	0,38	12,56	
1999	0,76	0,60	1,46	1,95	3,59	2,92	2,64	1,62	1,07	0,85	0,70	0,62	0,68	5,99	
2000	0,76	0,54	1,53	2,05	2,20	1,29	1,41	0,84	0,71	0,52	0,42	0,43	0,40	14,88	
2001	0,76	0,78	1,27	2,50	2,64	3,44	1,83	1,19	0,91	0,71	0,57	0,46	0,64	5,59	
2002	0,76	0,61	1,19	2,26	4,88	2,17	2,67	1,63	1,24	0,91	0,69	0,59	0,47	8,34	
2003	0,76	0,50	0,99	1,42	2,38	2,95	1,66	1,52	1,09	0,86	0,78	0,56	0,42	10,23	
2004	0,76	0,62	0,72	1,86	3,03	2,52	2,64	1,59	1,38	1,05	0,76	0,59	0,69	6,39	
2005	0,76	0,48	1,36	1,67	1,46	1,58	1,90	1,20	0,82	0,68	0,51	0,44	0,51	15,05	
2006	0,76	0,78	1,46	2,17	3,73	2,27	1,33	1,28	0,91	0,70	0,58	0,43	0,33	9,35	
2007	0,76	0,66	0,81	1,01	1,72	2,27	2,63	1,87	1,06	0,90	0,66	0,62	0,76	13,70	
2008	0,76	0,55	0,96	2,75	2,69	3,13	2,48	1,55	1,07	1,09	0,74	0,63	0,66	2,81	
2009	0,76	1,34	1,07	3,23	2,00	1,54	2,51	1,44	1,06	0,80	0,60	0,47	0,50	7,37	
2010	0,76	0,95	2,06	2,14	2,24	1,39	2,44	1,45	0,90	0,77	0,57	0,44	0,35	11,68	
2011	0,76	0,93	1,95	5,10	5,17	2,62	2,40	1,92	1,54	1,35	0,90	0,69	0,64	6,73	
2012	0,76	0,54	1,14	0,97	1,70	1,23	1,67	1,26	1,01	0,78	0,58	0,44	0,47	19,56	
2013	0,76	0,89	0,90	1,69	1,07	0,76	0,59	0,60	0,42	0,33	0,35	0,25	0,19	27,11	
2014	0,76	0,67	1,10	0,92	0,80	1,26	1,47	0,79	0,63	0,50	0,37	0,29	0,46	25,79	
Observado	0,75	0,53	0,95	4,15	3,21	3,37	2,80	1,97	1,40	1,20	1,00	0,89	0,72		
Mediana		0,71	1,14	2,14	2,65	2,27	2,27	1,52	1,07	0,89	0,72	0,60	0,61		
Erro		0,18	0,19	-2,01	-0,56	-1,10	-0,53	-0,45	-0,33	-0,30	-0,28	-0,29	0,56		
Simul.Hist		0,49	1,11	2,12	2,90	1,46	1,86	1,23	0,88	0,89	0,62	0,57	0,43		
Erro Modelo		-6%	18%	-49%	-10%	-57%	-33%	-38%	-37%	-25%	-38%	-35%	-40%		

Obs.: em destaque membro de menor erro



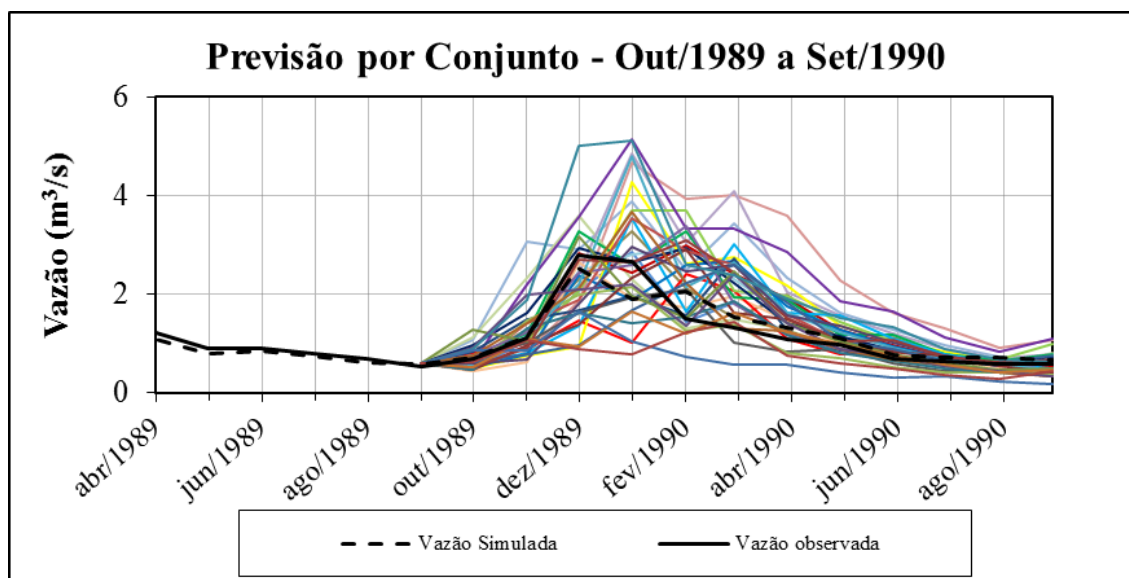
Área da bacia	113	km2	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
mês	set/88	out/88	nov/88	dez/88	jan/89	fev/89	mar/89	abr/89	mai/89	jun/89	jul/89	ago/89	set/89	Erro
1979	0,57	0,74	1,36	2,40	3,37	2,18	1,56	2,04	1,11	1,14	0,77	0,60	0,59	8,61
1980	0,57	0,51	1,15	2,17	2,95	1,49	1,89	1,24	0,89	0,90	0,63	0,58	0,43	5,95
1981	0,57	1,14	3,20	3,01	3,99	2,54	3,51	2,36	1,66	1,29	1,00	0,76	0,66	18,17
1982	0,57	1,01	0,89	1,94	4,81	4,03	4,08	3,63	2,30	1,65	1,33	0,94	1,08	27,55
1983	0,57	1,22	2,45	3,72	2,38	1,34	1,54	1,31	0,91	0,68	0,53	0,60	0,83	11,60
1984	0,57	0,79	1,17	2,54	4,99	3,12	4,17	2,08	1,61	1,24	0,92	0,73	0,79	20,46
1985	0,57	0,65	1,14	2,57	2,89	3,05	2,37	1,61	1,29	0,96	0,81	0,74	0,55	5,47
1986	0,57	0,48	0,67	2,78	1,99	1,80	2,02	1,51	1,02	0,95	0,69	0,54	0,75	4,04
1987	0,57	0,75	1,10	2,96	2,52	3,06	2,48	1,95	1,30	0,99	0,73	0,56	0,57	5,53
1988														
1989	0,57	0,83	1,24	2,66	1,99	2,14	1,59	1,37	1,16	0,80	0,75	0,75	0,67	3,82
1990	0,57	0,55	0,80	0,99	4,43	2,69	2,81	2,22	1,38	1,06	0,86	0,65	0,72	13,20
1991	0,57	0,81	1,13	2,17	3,82	3,78	2,12	2,01	1,47	1,07	0,81	0,70	1,02	11,55
1992	0,57	0,80	1,29	3,41	2,69	3,37	1,99	1,93	1,20	1,21	0,81	0,66	0,80	8,64
1993	0,57	0,65	0,86	1,44	3,66	1,70	3,10	1,66	1,60	1,12	0,81	0,62	0,51	8,25
1994	0,57	0,57	0,84	2,49	1,97	2,68	2,73	1,80	1,30	0,97	0,73	0,56	0,62	2,60
1995	0,57	1,03	1,70	3,06	2,72	3,01	2,29	1,45	1,17	0,88	0,72	0,60	0,74	6,39
1996	0,57	0,67	2,33	3,68	5,25	3,40	3,40	2,90	1,88	1,68	1,14	0,85	1,11	30,28
1997	0,57	0,79	1,08	1,70	2,01	2,17	1,06	0,87	0,91	0,63	0,47	0,45	0,35	4,38
1998	0,57	0,91	1,57	1,75	2,03	1,61	2,78	1,28	0,88	0,72	0,56	0,43	0,38	2,13
1999	0,57	0,62	1,50	1,99	3,64	2,96	2,67	1,64	1,08	0,86	0,71	0,62	0,69	7,78
2000	0,57	0,56	1,57	2,09	2,24	1,31	1,43	0,85	0,72	0,53	0,42	0,43	0,41	5,77
2001	0,57	0,81	1,31	2,55	2,68	3,48	1,85	1,21	0,92	0,71	0,58	0,47	0,64	5,92
2002	0,57	0,64	1,23	2,30	4,94	2,20	2,70	1,65	1,25	0,92	0,69	0,59	0,48	16,24
2003	0,57	0,52	1,03	1,46	2,43	2,99	1,68	1,54	1,10	0,87	0,79	0,56	0,42	3,77
2004	0,57	0,64	0,74	1,90	3,07	2,55	2,67	1,60	1,40	1,06	0,76	0,59	0,70	4,90
2005	0,57	0,50	1,40	1,71	1,49	1,61	1,92	1,22	0,83	0,68	0,52	0,44	0,51	2,17
2006	0,57	0,81	1,50	2,21	3,78	2,30	1,35	1,29	0,92	0,71	0,59	0,44	0,34	10,35
2007	0,57	0,68	0,83	1,04	1,76	2,31	2,67	1,89	1,07	0,91	0,67	0,63	0,76	1,40
2008	0,57	0,57	0,99	2,81	2,73	3,17	2,50	1,56	1,08	1,10	0,75	0,63	0,67	5,51
2009	0,57	1,38	1,10	3,29	2,03	1,56	2,53	1,46	1,07	0,80	0,61	0,47	0,51	5,23
2010	0,57	0,99	2,11	2,18	2,27	1,41	2,47	1,46	0,91	0,78	0,58	0,45	0,36	4,39
2011	0,57	0,96	2,00	5,18	5,22	2,65	2,42	1,94	1,56	1,36	0,91	0,69	0,64	33,05
2012	0,57	0,56	1,18	0,99	1,73	1,25	1,69	1,27	1,02	0,79	0,59	0,44	0,47	3,58
2013	0,57	0,92	0,93	1,73	1,10	0,78	0,60	0,61	0,43	0,34	0,36	0,25	0,20	8,91
2014	0,57	0,69	1,13	0,94	0,82	1,29	1,49	0,80	0,64	0,51	0,38	0,29	0,47	4,15
Observado	0,72	1,00	1,04	1,50	1,06	2,42	2,77	1,23	0,91	0,89	0,79	0,70	0,55	
Mediana		0,74	1,17	2,21	2,21	2,69	2,37	1,56	1,10	0,91	0,72	0,59	0,62	
Erro		-0,26	0,14	0,71	1,63	-0,12	-0,40	0,34	0,19	0,02	-0,07	-0,11	0,53	
Simul.Hist		0,51	1,15	2,17	2,95	1,49	1,89	1,24	0,89	0,90	0,63	0,58	0,43	
Erro Modelo		-48%	10%	44%	177%	-39%	-32%	1%	-1%	1%	-20%	-18%	-21%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



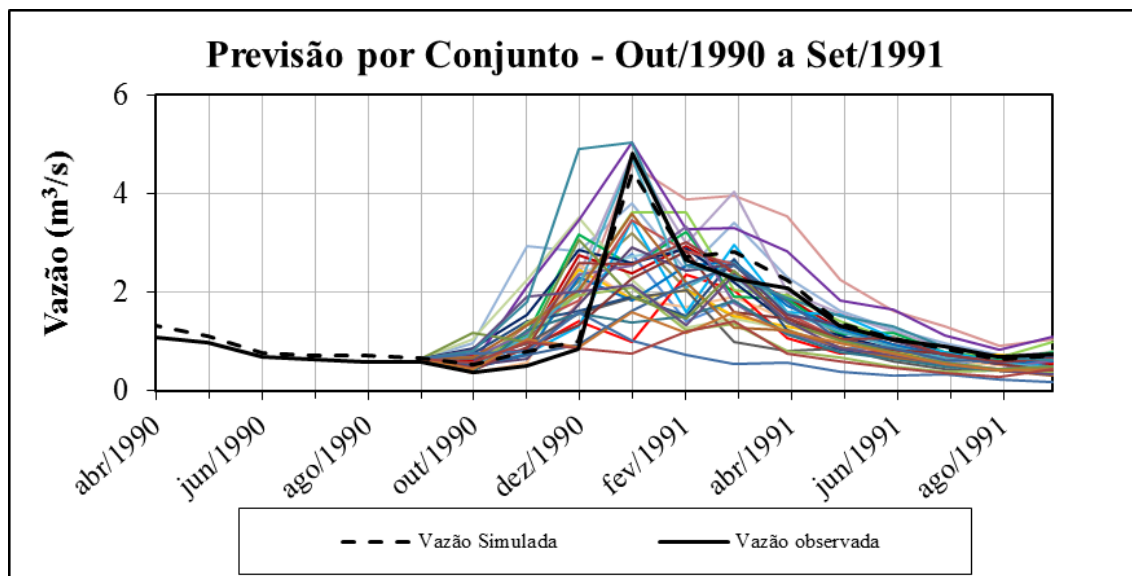
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)												Erro
	set/89	out/89	nov/89	dez/89	jan/90	fev/90	mar/90	abr/90	mai/90	jun/90	jul/90	ago/90	set/90		
1979	0,60	0,68	1,28	2,30	3,27	2,12	1,52	1,99	1,08	1,12	0,76	0,59	0,58	2,07	
1980	0,60	0,47	1,07	2,07	2,85	1,44	1,84	1,21	0,87	0,88	0,61	0,57	0,42	0,97	
1981	0,60	1,07	3,06	2,91	3,89	2,48	3,44	2,32	1,64	1,28	0,98	0,75	0,65	13,28	
1982	0,60	0,94	0,84	1,85	4,68	3,95	4,02	3,58	2,27	1,63	1,32	0,92	1,07	27,83	
1983	0,60	1,14	2,34	3,60	2,31	1,30	1,50	1,28	0,89	0,66	0,51	0,59	0,82	2,64	
1984	0,60	0,74	1,10	2,44	4,86	3,05	4,10	2,05	1,58	1,22	0,90	0,72	0,78	16,66	
1985	0,60	0,61	1,07	2,46	2,80	2,97	2,32	1,57	1,27	0,94	0,79	0,73	0,54	3,69	
1986	0,60	0,44	0,62	2,66	1,92	1,74	1,96	1,47	1,00	0,93	0,67	0,52	0,74	1,57	
1987	0,60	0,70	1,04	2,84	2,44	2,98	2,42	1,91	1,27	0,97	0,72	0,55	0,56	4,27	
1988	0,60	0,82	0,90	1,47	1,03	2,41	2,07	1,09	0,79	0,86	0,75	0,61	0,60	5,96	
1989															
1990	0,60	0,51	0,75	0,94	4,28	2,62	2,75	2,17	1,35	1,04	0,84	0,64	0,71	11,02	
1991	0,60	0,75	1,06	2,08	3,70	3,69	2,07	1,97	1,44	1,05	0,80	0,69	1,00	8,27	
1992	0,60	0,74	1,21	3,28	2,61	3,29	1,94	1,89	1,18	1,18	0,80	0,65	0,79	4,79	
1993	0,60	0,60	0,80	1,37	3,54	1,64	3,03	1,62	1,57	1,10	0,80	0,61	0,50	6,66	
1994	0,60	0,53	0,78	2,38	1,89	2,60	2,67	1,76	1,27	0,95	0,71	0,55	0,61	4,53	
1995	0,60	0,96	1,61	2,95	2,64	2,94	2,24	1,41	1,15	0,86	0,71	0,59	0,73	3,42	
1996	0,60	0,62	2,21	3,56	5,13	3,33	3,34	2,86	1,86	1,66	1,13	0,84	1,10	20,62	
1997	0,60	0,74	1,01	1,62	1,93	2,10	1,02	0,84	0,88	0,61	0,45	0,44	0,34	2,60	
1998	0,60	0,85	1,48	1,68	1,96	1,56	2,72	1,25	0,85	0,70	0,55	0,42	0,37	4,00	
1999	0,60	0,58	1,41	1,90	3,53	2,88	2,61	1,60	1,06	0,84	0,69	0,61	0,67	5,51	
2000	0,60	0,52	1,48	2,00	2,16	1,27	1,38	0,82	0,70	0,52	0,41	0,42	0,40	1,43	
2001	0,60	0,75	1,23	2,44	2,59	3,40	1,81	1,18	0,90	0,70	0,56	0,46	0,63	4,02	
2002	0,60	0,59	1,16	2,20	4,81	2,14	2,64	1,62	1,22	0,90	0,68	0,58	0,47	7,48	
2003	0,60	0,48	0,96	1,39	2,34	2,90	1,63	1,50	1,07	0,85	0,77	0,55	0,42	4,48	
2004	0,60	0,59	0,69	1,81	2,97	2,48	2,61	1,57	1,37	1,04	0,75	0,58	0,69	4,37	
2005	0,60	0,46	1,31	1,63	1,43	1,55	1,87	1,18	0,81	0,67	0,51	0,43	0,50	3,38	
2006	0,60	0,75	1,41	2,11	3,67	2,24	1,31	1,26	0,90	0,69	0,57	0,43	0,33	2,24	
2007	0,60	0,63	0,78	0,98	1,68	2,23	2,60	1,84	1,04	0,89	0,65	0,62	0,75	7,17	
2008	0,60	0,52	0,92	2,69	2,64	3,08	2,45	1,53	1,06	1,08	0,73	0,62	0,65	4,19	
2009	0,60	1,29	1,04	3,16	1,96	1,51	2,47	1,42	1,05	0,79	0,60	0,46	0,50	2,47	
2010	0,60	0,92	2,00	2,09	2,20	1,37	2,41	1,43	0,89	0,76	0,56	0,44	0,35	2,96	
2011	0,60	0,89	1,90	5,02	5,10	2,59	2,38	1,91	1,53	1,34	0,89	0,68	0,63	15,23	
2012	0,60	0,52	1,10	0,94	1,66	1,21	1,64	1,24	0,99	0,77	0,57	0,43	0,46	4,78	
2013	0,60	0,86	0,87	1,65	1,05	0,74	0,58	0,58	0,41	0,32	0,34	0,24	0,19	6,28	
2014	0,60	0,64	1,06	0,89	0,78	1,24	1,44	0,77	0,62	0,50	0,37	0,28	0,46	7,79	
Observado	0,55	0,68	1,12	2,81	2,67	1,50	1,33	1,10	0,97	0,69	0,64	0,60	0,59		
Mediana		0,68	1,07	2,09	2,61	2,41	2,32	1,53	1,06	0,89	0,71	0,58	0,60		
Erro		0,00	-0,04	-0,72	-0,06	0,90	0,99	0,43	0,09	0,20	0,07	-0,02	0,54		
Simul.Hist		0,47	1,07	2,07	2,85	1,44	1,84	1,21	0,87	0,88	0,61	0,57	0,42		
Erro Modelo		-31%	-4%	-26%	7%	-4%	38%	10%	-11%	27%	-3%	-5%	-28%		

Obs.: em destaque membro de menor erro



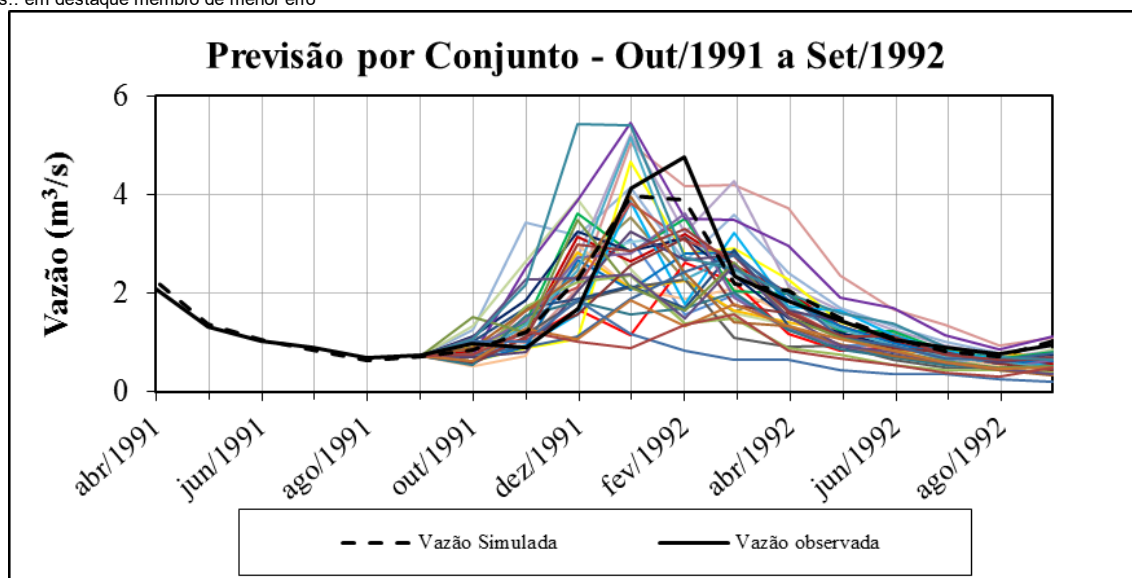
Área da bacia	113	km ²	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
			set/90	out/90	nov/90	dez/90	jan/91	fev/91	mar/91	abr/91	mai/91	jun/91	jul/91	
1979	0,66	0,61	1,22	2,23	3,20	2,08	1,49	1,96	1,07	1,10	0,75	0,58	0,57	6,16
1980	0,66	0,41	1,01	2,00	2,78	1,40	1,80	1,19	0,86	0,86	0,60	0,56	0,41	8,82
1981	0,66	0,97	2,95	2,84	3,82	2,44	3,40	2,30	1,62	1,26	0,97	0,74	0,64	12,75
1982	0,66	0,85	0,79	1,79	4,59	3,89	3,97	3,55	2,25	1,62	1,30	0,92	1,06	9,22
1983	0,66	1,04	2,25	3,51	2,27	1,27	1,48	1,26	0,87	0,65	0,51	0,58	0,81	20,83
1984	0,66	0,66	1,04	2,36	4,77	3,00	4,05	2,02	1,56	1,20	0,89	0,71	0,78	5,99
1985	0,66	0,53	1,01	2,38	2,74	2,91	2,28	1,55	1,25	0,93	0,78	0,72	0,54	7,37
1986	0,66	0,38	0,57	2,57	1,87	1,70	1,93	1,44	0,98	0,91	0,66	0,51	0,73	13,33
1987	0,66	0,62	0,98	2,76	2,39	2,93	2,38	1,88	1,25	0,95	0,71	0,55	0,55	10,08
1988	0,66	0,74	0,85	1,42	1,00	2,35	2,03	1,07	0,77	0,84	0,73	0,60	0,59	16,80
1989	0,66	0,69	1,10	2,47	1,87	2,03	1,52	1,31	1,11	0,77	0,72	0,73	0,65	13,49
1990														
1991	0,66	0,67	1,00	2,01	3,62	3,63	2,04	1,94	1,42	1,04	0,79	0,68	0,99	4,18
1992	0,66	0,66	1,15	3,18	2,55	3,23	1,91	1,86	1,16	1,17	0,79	0,64	0,78	11,64
1993	0,66	0,53	0,76	1,31	3,45	1,61	2,98	1,60	1,54	1,09	0,79	0,60	0,49	4,17
1994	0,66	0,46	0,73	2,30	1,85	2,55	2,62	1,74	1,25	0,94	0,70	0,54	0,60	11,36
1995	0,66	0,87	1,54	2,87	2,59	2,89	2,21	1,39	1,13	0,85	0,70	0,58	0,72	11,03
1996	0,66	0,54	2,12	3,47	5,04	3,28	3,30	2,83	1,84	1,64	1,12	0,83	1,09	12,27
1997	0,66	0,66	0,96	1,57	1,88	2,06	1,00	0,82	0,87	0,60	0,44	0,43	0,34	13,87
1998	0,66	0,76	1,41	1,62	1,91	1,52	2,67	1,23	0,84	0,69	0,54	0,41	0,37	12,98
1999	0,66	0,51	1,34	1,84	3,46	2,83	2,57	1,58	1,05	0,83	0,68	0,60	0,67	4,11
2000	0,66	0,45	1,40	1,93	2,11	1,24	1,35	0,80	0,68	0,50	0,40	0,41	0,39	15,00
2001	0,66	0,67	1,17	2,37	2,53	3,34	1,78	1,16	0,88	0,69	0,56	0,45	0,62	10,13
2002	0,66	0,52	1,09	2,13	4,71	2,10	2,60	1,59	1,21	0,89	0,67	0,57	0,46	2,86
2003	0,66	0,42	0,90	1,33	2,27	2,84	1,60	1,47	1,06	0,83	0,76	0,54	0,41	8,02
2004	0,66	0,52	0,65	1,75	2,90	2,43	2,56	1,54	1,35	1,02	0,74	0,57	0,68	5,02
2005	0,66	0,40	1,24	1,57	1,39	1,51	1,83	1,16	0,79	0,65	0,50	0,42	0,49	15,97
2006	0,66	0,67	1,34	2,05	3,59	2,19	1,29	1,24	0,88	0,68	0,56	0,42	0,32	6,33
2007	0,66	0,56	0,73	0,94	1,63	2,18	2,55	1,81	1,02	0,87	0,64	0,61	0,74	10,85
2008	0,66	0,46	0,87	2,60	2,58	3,03	2,41	1,51	1,04	1,07	0,72	0,61	0,65	8,84
2009	0,66	1,19	0,99	3,07	1,92	1,48	2,43	1,40	1,03	0,77	0,59	0,45	0,49	16,55
2010	0,66	0,83	1,91	2,03	2,15	1,34	2,37	1,41	0,87	0,74	0,55	0,43	0,34	13,60
2011	0,66	0,81	1,82	4,91	5,03	2,55	2,35	1,88	1,52	1,32	0,88	0,67	0,63	18,50
2012	0,66	0,45	1,04	0,90	1,61	1,17	1,60	1,21	0,97	0,76	0,56	0,42	0,45	14,53
2013	0,66	0,77	0,82	1,59	1,02	0,72	0,56	0,57	0,40	0,32	0,33	0,24	0,18	26,53
2014	0,66	0,57	1,00	0,85	0,75	1,20	1,40	0,75	0,60	0,48	0,36	0,28	0,45	22,94
Observado	0,59	0,37	0,52	0,86	4,82	2,66	2,27	2,09	1,34	1,04	0,89	0,70	0,75	
Mediana		0,62	1,04	2,05	2,53	2,19	2,21	1,47	1,05	0,86	0,70	0,57	0,59	
Erro		0,25	0,52	1,19	-2,29	-0,47	-0,06	-0,62	-0,29	-0,18	-0,19	-0,13	0,49	
Simul.Hist		0,41	1,01	2,00	2,78	1,40	1,80	1,19	0,86	0,86	0,60	0,56	0,41	
Erro Modelo		12%	96%	134%	-42%	-47%	-21%	-43%	-36%	-17%	-32%	-21%	-45%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



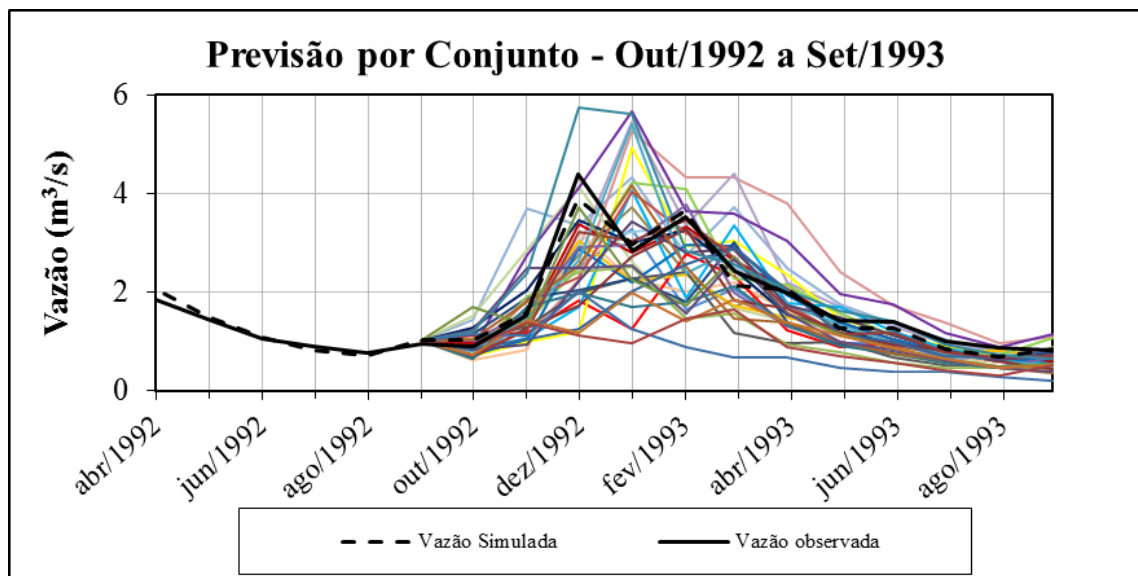
Área da bacia	113	km ²	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
			set/91	out/91	nov/91	dez/91	jan/92	fev/92	mar/92	abr/92	mai/92	jun/92	jul/92	
1979	0,72	0,82	1,49	2,57	3,54	2,28	1,63	2,11	1,14	1,17	0,80	0,62	0,60	8,55
1980	0,72	0,58	1,27	2,33	3,10	1,56	1,97	1,29	0,93	0,94	0,65	0,60	0,45	13,10
1981	0,72	1,27	3,43	3,18	4,15	2,64	3,60	2,42	1,70	1,33	1,02	0,77	0,67	15,29
1982	0,72	1,12	0,99	2,09	5,03	4,17	4,19	3,71	2,35	1,69	1,36	0,95	1,09	9,64
1983	0,72	1,34	2,64	3,92	2,49	1,40	1,61	1,36	0,94	0,70	0,54	0,62	0,85	23,45
1984	0,72	0,88	1,29	2,72	5,21	3,23	4,29	2,14	1,65	1,27	0,94	0,74	0,81	8,63
1985	0,72	0,73	1,26	2,75	3,04	3,18	2,46	1,67	1,34	1,00	0,84	0,76	0,57	5,20
1986	0,72	0,54	0,75	2,98	2,11	1,90	2,11	1,57	1,07	0,98	0,71	0,56	0,78	14,58
1987	0,72	0,84	1,21	3,16	2,65	3,19	2,56	2,01	1,34	1,02	0,75	0,58	0,59	7,18
1988	0,72	0,98	1,06	1,68	1,16	2,63	2,22	1,17	0,85	0,92	0,79	0,65	0,63	14,37
1989	0,72	0,92	1,36	2,83	2,10	2,25	1,66	1,42	1,20	0,84	0,78	0,78	0,70	12,82
1990	0,72	0,62	0,89	1,09	4,66	2,81	2,91	2,29	1,43	1,10	0,88	0,67	0,74	5,21
1991														
1992	0,72	0,89	1,42	3,62	2,82	3,51	2,06	1,99	1,24	1,24	0,83	0,68	0,82	7,47
1993	0,72	0,73	0,96	1,56	3,85	1,78	3,22	1,72	1,65	1,16	0,84	0,64	0,52	10,07
1994	0,72	0,64	0,93	2,67	2,08	2,81	2,83	1,86	1,35	1,00	0,75	0,58	0,64	9,47
1995	0,72	1,14	1,85	3,25	2,86	3,13	2,37	1,49	1,21	0,91	0,75	0,62	0,76	7,92
1996	0,72	0,74	2,53	3,89	5,45	3,51	3,49	2,97	1,92	1,71	1,16	0,87	1,13	14,11
1997	0,72	0,88	1,19	1,84	2,13	2,28	1,11	0,91	0,95	0,66	0,49	0,47	0,37	13,72
1998	0,72	1,01	1,71	1,88	2,15	1,70	2,89	1,33	0,91	0,75	0,58	0,44	0,39	15,44
1999	0,72	0,70	1,65	2,13	3,82	3,08	2,76	1,69	1,12	0,89	0,73	0,64	0,70	4,21
2000	0,72	0,63	1,72	2,23	2,36	1,39	1,50	0,89	0,75	0,56	0,44	0,45	0,42	18,62
2001	0,72	0,90	1,43	2,72	2,82	3,63	1,92	1,25	0,95	0,74	0,60	0,48	0,66	5,50
2002	0,72	0,71	1,35	2,47	5,16	2,29	2,79	1,70	1,29	0,95	0,71	0,61	0,49	8,61
2003	0,72	0,58	1,14	1,58	2,57	3,12	1,75	1,60	1,14	0,90	0,81	0,58	0,44	6,20
2004	0,72	0,72	0,82	2,06	3,24	2,67	2,77	1,66	1,45	1,09	0,79	0,61	0,72	5,68
2005	0,72	0,56	1,54	1,84	1,59	1,70	2,01	1,27	0,87	0,72	0,54	0,46	0,53	17,74
2006	0,72	0,90	1,64	2,37	3,96	2,40	1,41	1,34	0,96	0,73	0,61	0,45	0,35	8,68
2007	0,72	0,76	0,93	1,14	1,88	2,43	2,78	1,96	1,11	0,94	0,69	0,65	0,79	11,25
2008	0,72	0,64	1,10	3,00	2,87	3,30	2,59	1,62	1,12	1,14	0,77	0,65	0,68	5,90
2009	0,72	1,52	1,21	3,49	2,13	1,64	2,63	1,51	1,11	0,83	0,63	0,49	0,52	18,01
2010	0,72	1,09	2,28	2,32	2,39	1,48	2,57	1,52	0,95	0,80	0,60	0,46	0,37	17,06
2011	0,72	1,07	2,17	5,44	5,40	2,74	2,49	1,99	1,59	1,39	0,93	0,70	0,65	21,61
2012	0,72	0,63	1,30	1,08	1,85	1,33	1,78	1,33	1,07	0,83	0,62	0,46	0,49	18,82
2013	0,72	1,02	1,02	1,86	1,17	0,83	0,64	0,65	0,45	0,36	0,38	0,27	0,21	31,19
2014	0,72	0,77	1,24	1,02	0,89	1,38	1,57	0,84	0,67	0,54	0,40	0,31	0,49	25,79
Observado	0,75	0,99	0,90	1,70	4,12	4,77	2,36	1,84	1,47	1,07	0,90	0,77	0,94	
Mediana		0,82	1,29	2,37	2,82	2,43	2,46	1,60	1,12	0,94	0,75	0,61	0,63	
Erro		-0,17	0,39	0,67	-1,30	-2,34	0,10	-0,25	-0,35	-0,14	-0,16	-0,16	0,53	
Simul.Hist		0,58	1,27	2,33	3,10	1,56	1,97	1,29	0,93	0,94	0,65	0,60	0,45	
Erro Modelo		-42%	40%	37%	-25%	-67%	-16%	-30%	-36%	-13%	-28%	-22%	-53%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



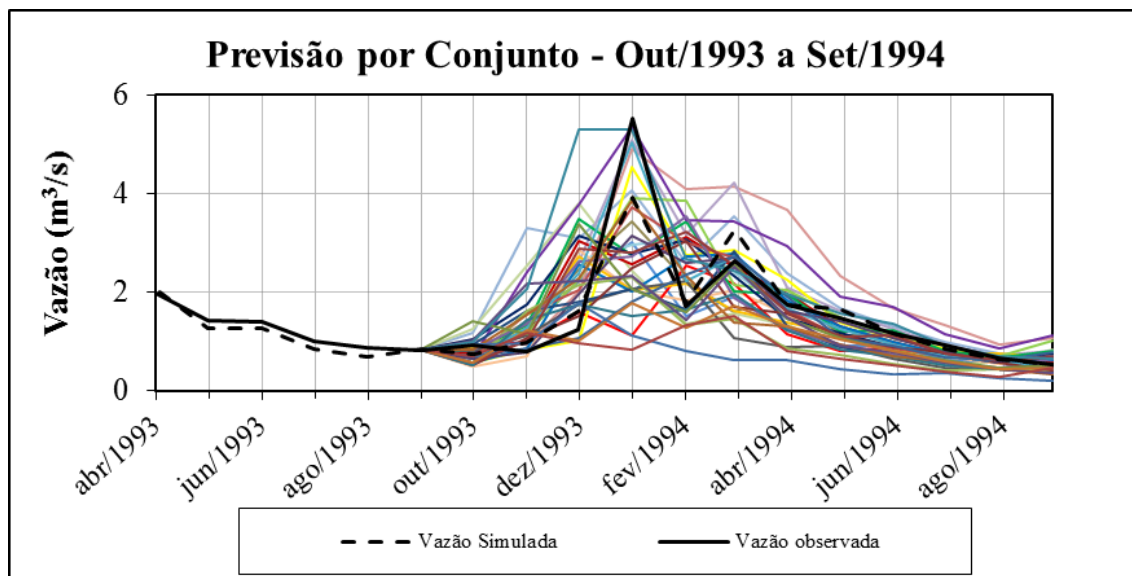
Área da bacia	113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/92	out/92	nov/92	dez/92	jan/93	fev/93	mar/93	abr/93	mai/93	jun/93	jul/93	ago/93	set/93	
1979	1,04	0,94	1,65	2,76	3,72	2,39	1,70	2,19	1,19	1,21	0,83	0,64	0,62	5,60
1980	1,04	0,67	1,41	2,51	3,28	1,65	2,07	1,35	0,97	0,98	0,68	0,62	0,46	8,56
1981	1,04	1,43	3,71	3,37	4,34	2,74	3,72	2,49	1,75	1,36	1,04	0,79	0,69	11,03
1982	1,04	1,27	1,10	2,26	5,28	4,33	4,32	3,80	2,40	1,72	1,38	0,97	1,11	19,67
1983	1,04	1,52	2,87	4,14	2,61	1,47	1,68	1,41	0,98	0,73	0,57	0,64	0,88	8,32
1984	1,04	1,01	1,43	2,92	5,45	3,36	4,42	2,20	1,70	1,30	0,96	0,76	0,83	13,17
1985	1,04	0,84	1,40	2,96	3,21	3,32	2,55	1,73	1,38	1,03	0,86	0,79	0,59	2,61
1986	1,04	0,63	0,85	3,22	2,24	2,01	2,21	1,64	1,11	1,02	0,74	0,58	0,80	5,16
1987	1,04	0,96	1,35	3,39	2,80	3,33	2,66	2,08	1,38	1,05	0,78	0,60	0,60	1,48
1988	1,04	1,13	1,18	1,83	1,25	2,78	2,33	1,23	0,89	0,96	0,83	0,67	0,65	11,07
1989	1,04	1,05	1,51	3,04	2,22	2,36	1,74	1,48	1,25	0,87	0,81	0,80	0,72	4,71
1990	1,04	0,72	1,01	1,20	4,93	2,94	3,03	2,37	1,48	1,13	0,91	0,69	0,76	15,95
1991	1,04	1,04	1,38	2,52	4,22	4,09	2,28	2,15	1,56	1,14	0,86	0,74	1,07	6,08
1992														
1993	1,04	0,84	1,07	1,71	4,08	1,88	3,35	1,78	1,71	1,20	0,87	0,66	0,54	12,88
1994	1,04	0,74	1,05	2,88	2,21	2,95	2,95	1,94	1,40	1,04	0,78	0,60	0,66	3,85
1995	1,04	1,29	2,04	3,47	3,00	3,26	2,46	1,55	1,25	0,94	0,77	0,64	0,78	1,96
1996	1,04	0,86	2,77	4,12	5,67	3,64	3,59	3,04	1,97	1,75	1,19	0,88	1,15	12,67
1997	1,04	1,01	1,32	1,99	2,27	2,41	1,17	0,96	1,00	0,69	0,51	0,49	0,38	11,37
1998	1,04	1,15	1,89	2,03	2,29	1,80	3,02	1,38	0,95	0,78	0,61	0,46	0,41	10,93
1999	1,04	0,81	1,82	2,30	4,03	3,21	2,86	1,75	1,16	0,92	0,76	0,66	0,72	6,72
2000	1,04	0,73	1,90	2,41	2,51	1,47	1,58	0,93	0,79	0,58	0,46	0,47	0,44	12,01
2001	1,04	1,03	1,59	2,92	2,98	3,79	2,00	1,30	0,99	0,77	0,62	0,50	0,68	3,87
2002	1,04	0,82	1,50	2,66	5,40	2,39	2,89	1,76	1,33	0,98	0,74	0,63	0,51	11,62
2003	1,04	0,68	1,27	1,72	2,74	3,28	1,83	1,67	1,19	0,94	0,85	0,60	0,46	8,35
2004	1,04	0,83	0,93	2,23	3,43	2,80	2,88	1,73	1,50	1,13	0,82	0,63	0,74	6,40
2005	1,04	0,66	1,71	2,00	1,70	1,81	2,11	1,33	0,91	0,75	0,57	0,48	0,56	11,77
2006	1,04	1,04	1,81	2,55	4,17	2,52	1,48	1,40	1,00	0,76	0,63	0,47	0,36	8,71
2007	1,04	0,87	1,04	1,25	2,02	2,57	2,90	2,04	1,16	0,98	0,72	0,68	0,81	12,35
2008	1,04	0,74	1,23	3,23	3,04	3,45	2,69	1,68	1,16	1,18	0,79	0,67	0,70	1,93
2009	1,04	1,71	1,33	3,72	2,25	1,73	2,74	1,57	1,15	0,87	0,65	0,50	0,54	5,71
2010	1,04	1,24	2,50	2,48	2,53	1,57	2,68	1,58	0,98	0,84	0,62	0,48	0,39	9,92
2011	1,04	1,21	2,37	5,73	5,61	2,84	2,57	2,05	1,63	1,42	0,95	0,72	0,67	10,84
2012	1,04	0,73	1,45	1,18	1,99	1,42	1,88	1,40	1,12	0,87	0,64	0,48	0,51	16,97
2013	1,04	1,17	1,14	2,02	1,26	0,90	0,69	0,69	0,48	0,38	0,40	0,28	0,22	22,98
2014	1,04	0,89	1,39	1,12	0,96	1,48	1,66	0,89	0,71	0,57	0,42	0,33	0,52	22,24
Observado	0,94	0,90	1,52	4,41	2,84	3,52	2,43	1,99	1,42	1,41	1,00	0,88	0,83	
Mediana	0,94	0,94	1,41	2,52	2,98	2,57	2,55	1,67	1,16	0,98	0,77	0,63	0,65	
Erro		0,05	-0,11	-1,89	0,14	-0,95	0,12	-0,32	-0,26	-0,44	-0,23	-0,25	0,56	
Simul.Hist		0,67	1,41	2,51	3,28	1,65	2,07	1,35	0,97	0,98	0,68	0,62	0,46	
Erro Modelo		-25%	-7%	-43%	16%	-53%	-15%	-32%	-32%	-31%	-32%	-29%	-44%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



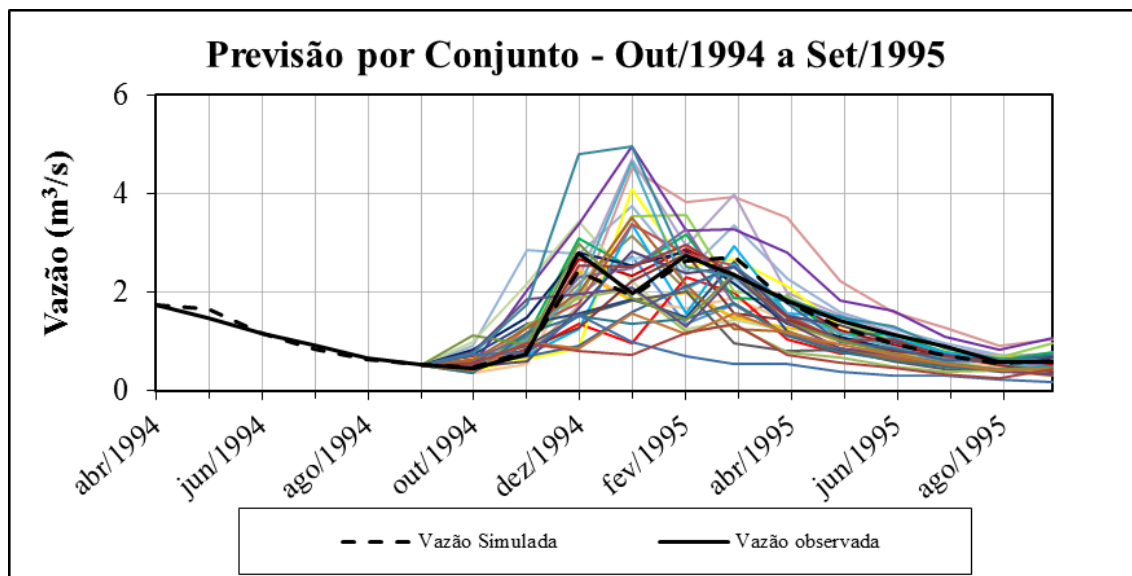
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/93	out/93	nov/93	dez/93	jan/94	fev/94	mar/94	abr/94	mai/94	jun/94	jul/94	ago/94	set/94	
1979	0,85	0,76	1,42	2,48	3,45	2,22	1,59	2,07	1,12	1,15	0,79	0,61	0,59	7,90
1980	0,85	0,53	1,19	2,24	3,02	1,52	1,93	1,26	0,91	0,92	0,64	0,59	0,44	8,90
1981	0,85	1,18	3,30	3,09	4,06	2,58	3,55	2,39	1,68	1,31	1,01	0,76	0,66	14,05
1982	0,85	1,04	0,93	2,01	4,91	4,10	4,13	3,67	2,32	1,67	1,34	0,94	1,09	14,18
1983	0,85	1,26	2,54	3,81	2,43	1,37	1,57	1,33	0,92	0,69	0,53	0,61	0,84	21,58
1984	0,85	0,82	1,22	2,62	5,09	3,17	4,22	2,11	1,63	1,25	0,93	0,73	0,80	7,20
1985	0,85	0,67	1,19	2,65	2,96	3,10	2,41	1,64	1,31	0,98	0,82	0,75	0,56	10,88
1986	0,85	0,49	0,70	2,87	2,05	1,85	2,06	1,54	1,04	0,96	0,70	0,54	0,76	15,77
1987	0,85	0,77	1,15	3,05	2,58	3,12	2,51	1,98	1,32	1,00	0,74	0,57	0,58	14,29
1988	0,85	0,91	1,00	1,60	1,12	2,55	2,17	1,14	0,83	0,90	0,78	0,64	0,62	21,48
1989	0,85	0,85	1,29	2,73	2,04	2,19	1,62	1,39	1,18	0,82	0,76	0,76	0,68	16,34
1990	0,85	0,57	0,84	1,03	4,53	2,74	2,86	2,25	1,40	1,08	0,87	0,66	0,73	2,60
1991	0,85	0,84	1,17	2,24	3,90	3,85	2,15	2,04	1,49	1,08	0,82	0,71	1,03	8,91
1992	0,85	0,82	1,34	3,50	2,75	3,43	2,02	1,96	1,22	1,22	0,82	0,67	0,81	16,72
1993														
1994	0,85	0,58	0,87	2,57	2,02	2,74	2,78	1,83	1,32	0,99	0,74	0,57	0,63	15,44
1995	0,85	1,06	1,77	3,15	2,78	3,06	2,32	1,47	1,19	0,89	0,73	0,61	0,75	14,40
1996	0,85	0,69	2,42	3,77	5,34	3,45	3,44	2,93	1,90	1,69	1,15	0,86	1,12	15,12
1997	0,85	0,82	1,12	1,76	2,06	2,22	1,08	0,89	0,93	0,64	0,48	0,46	0,36	16,66
1998	0,85	0,94	1,63	1,81	2,08	1,65	2,83	1,30	0,89	0,73	0,57	0,44	0,39	13,91
1999	0,85	0,64	1,56	2,05	3,73	3,01	2,71	1,66	1,10	0,87	0,72	0,63	0,69	6,58
2000	0,85	0,57	1,63	2,15	2,30	1,35	1,46	0,87	0,73	0,54	0,43	0,44	0,41	15,67
2001	0,85	0,84	1,36	2,62	2,74	3,55	1,89	1,23	0,93	0,73	0,59	0,47	0,65	14,86
2002	0,85	0,65	1,28	2,37	5,04	2,24	2,74	1,67	1,27	0,94	0,70	0,60	0,48	2,29
2003	0,85	0,53	1,07	1,51	2,49	3,05	1,71	1,56	1,12	0,88	0,80	0,57	0,43	12,45
2004	0,85	0,66	0,77	1,97	3,15	2,60	2,71	1,63	1,42	1,07	0,78	0,60	0,71	7,17
2005	0,85	0,52	1,45	1,77	1,53	1,65	1,96	1,24	0,85	0,70	0,53	0,45	0,52	18,41
2006	0,85	0,84	1,56	2,28	3,86	2,35	1,38	1,32	0,94	0,72	0,60	0,45	0,34	7,28
2007	0,85	0,70	0,87	1,08	1,81	2,36	2,71	1,92	1,09	0,93	0,68	0,64	0,77	14,72
2008	0,85	0,58	1,03	2,89	2,79	3,23	2,54	1,59	1,10	1,12	0,76	0,64	0,67	12,92
2009	0,85	1,43	1,15	3,37	2,07	1,60	2,58	1,48	1,09	0,82	0,62	0,48	0,51	17,41
2010	0,85	1,02	2,18	2,24	2,33	1,44	2,51	1,49	0,93	0,79	0,59	0,45	0,36	14,02
2011	0,85	0,99	2,07	5,29	5,30	2,69	2,45	1,96	1,57	1,37	0,91	0,70	0,65	19,21
2012	0,85	0,58	1,22	1,03	1,78	1,29	1,73	1,30	1,04	0,81	0,60	0,45	0,48	16,07
2013	0,85	0,95	0,96	1,79	1,13	0,80	0,62	0,63	0,44	0,35	0,36	0,26	0,20	28,17
2014	0,85	0,71	1,18	0,98	0,85	1,33	1,52	0,82	0,65	0,52	0,39	0,30	0,48	25,96
Observado	0,83	0,92	0,79	1,24	5,53	1,72	2,63	1,73	1,49	1,16	0,93	0,67	0,54	
Mediana		0,77	1,22	2,28	2,74	2,55	2,32	1,56	1,10	0,92	0,73	0,60	0,63	
Erro		-0,15	0,43	1,04	-2,79	0,83	-0,30	-0,17	-0,39	-0,24	-0,20	-0,07	0,54	
Simul.Hist		0,53	1,19	2,24	3,02	1,52	1,93	1,26	0,91	0,92	0,64	0,59	0,44	
Erro Modelo		-43%	50%	81%	-45%	-12%	-27%	-27%	-39%	-21%	-31%	-12%	-18%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



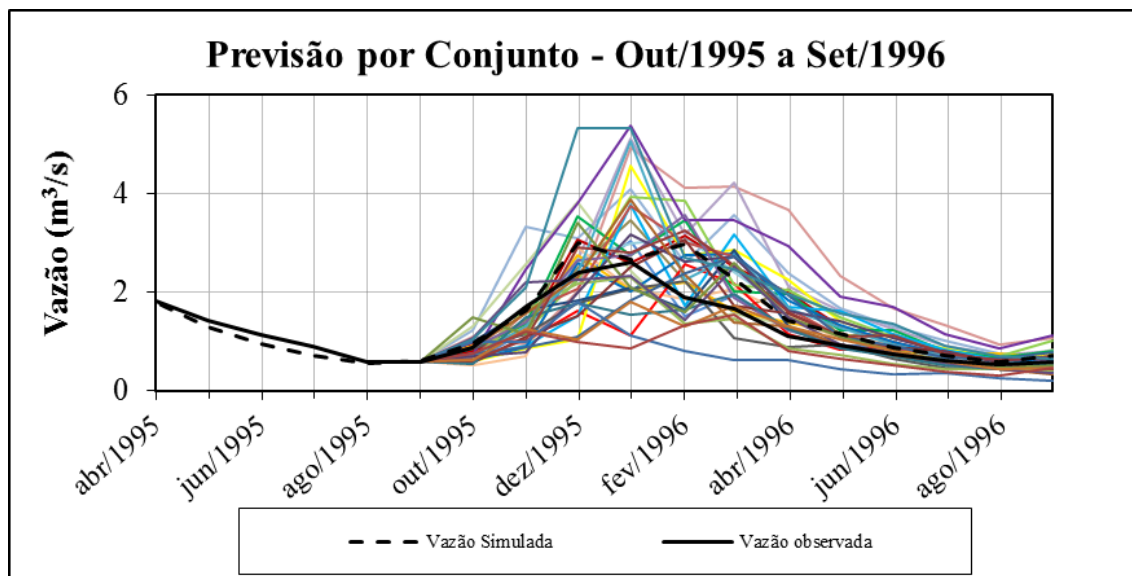
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/94	out/94	nov/94	dez/94	jan/95	fev/95	mar/95	abr/95	mai/95	jun/95	jul/95	ago/95	set/95	
1979	0,53	0,58	1,17	2,17	3,14	2,04	1,47	1,94	1,05	1,08	0,74	0,58	0,56	3,41
1980	0,53	0,39	0,97	1,94	2,72	1,38	1,77	1,17	0,84	0,85	0,59	0,55	0,41	4,55
1981	0,53	0,93	2,86	2,78	3,75	2,40	3,36	2,27	1,60	1,25	0,96	0,73	0,64	9,31
1982	0,53	0,81	0,76	1,74	4,50	3,83	3,92	3,52	2,23	1,60	1,29	0,91	1,05	15,52
1983	0,53	0,99	2,18	3,44	2,22	1,25	1,45	1,24	0,86	0,64	0,50	0,57	0,80	6,99
1984	0,53	0,62	1,00	2,30	4,68	2,95	4,00	2,00	1,55	1,19	0,88	0,70	0,77	10,57
1985	0,53	0,51	0,97	2,32	2,68	2,86	2,24	1,53	1,23	0,92	0,77	0,71	0,53	1,05
1986	0,53	0,36	0,55	2,50	1,83	1,67	1,89	1,42	0,97	0,90	0,65	0,51	0,72	2,04
1987	0,53	0,59	0,94	2,69	2,34	2,88	2,35	1,86	1,24	0,94	0,70	0,54	0,55	0,35
1988	0,53	0,70	0,81	1,37	0,97	2,30	2,00	1,05	0,76	0,83	0,72	0,59	0,58	4,62
1989	0,53	0,65	1,06	2,40	1,83	1,99	1,49	1,28	1,09	0,76	0,71	0,72	0,64	2,22
1990	0,53	0,42	0,67	0,86	4,09	2,52	2,66	2,11	1,32	1,01	0,82	0,62	0,69	8,57
1991	0,53	0,64	0,96	1,95	3,55	3,57	2,01	1,91	1,41	1,02	0,78	0,67	0,98	4,35
1992	0,53	0,63	1,11	3,10	2,50	3,18	1,88	1,84	1,14	1,15	0,78	0,63	0,77	1,10
1993	0,53	0,50	0,72	1,27	3,38	1,58	2,93	1,57	1,52	1,07	0,78	0,60	0,49	6,11
1994														
1995	0,53	0,83	1,49	2,80	2,54	2,84	2,18	1,37	1,11	0,84	0,69	0,57	0,71	1,53
1996	0,53	0,52	2,05	3,39	4,97	3,24	3,27	2,80	1,82	1,63	1,11	0,83	1,08	13,84
1997	0,53	0,62	0,92	1,52	1,84	2,01	0,98	0,81	0,85	0,59	0,44	0,42	0,33	6,13
1998	0,53	0,72	1,36	1,57	1,86	1,49	2,63	1,21	0,82	0,68	0,53	0,40	0,36	4,79
1999	0,53	0,48	1,29	1,79	3,39	2,78	2,53	1,56	1,03	0,82	0,68	0,60	0,66	3,79
2000	0,53	0,43	1,35	1,88	2,06	1,21	1,33	0,79	0,67	0,50	0,39	0,41	0,38	7,02
2001	0,53	0,64	1,12	2,30	2,48	3,28	1,75	1,14	0,87	0,68	0,55	0,44	0,61	2,52
2002	0,53	0,49	1,05	2,07	4,63	2,07	2,56	1,57	1,19	0,88	0,66	0,57	0,46	8,47
2003	0,53	0,39	0,86	1,29	2,22	2,79	1,57	1,45	1,04	0,82	0,74	0,53	0,40	3,46
2004	0,53	0,49	0,62	1,69	2,84	2,38	2,52	1,52	1,33	1,01	0,73	0,56	0,67	2,32
2005	0,53	0,38	1,19	1,52	1,35	1,48	1,79	1,14	0,78	0,64	0,49	0,42	0,49	5,49
2006	0,53	0,64	1,29	1,99	3,52	2,15	1,27	1,22	0,87	0,67	0,56	0,41	0,32	6,05
2007	0,53	0,53	0,70	0,91	1,59	2,13	2,51	1,79	1,01	0,86	0,63	0,60	0,73	4,49
2008	0,53	0,43	0,83	2,53	2,53	2,98	2,37	1,48	1,03	1,05	0,71	0,60	0,64	0,78
2009	0,53	1,14	0,95	3,00	1,88	1,45	2,40	1,38	1,01	0,76	0,58	0,45	0,48	2,85
2010	0,53	0,79	1,85	1,97	2,10	1,31	2,33	1,38	0,86	0,73	0,55	0,42	0,34	4,98
2011	0,53	0,77	1,75	4,81	4,96	2,52	2,32	1,86	1,50	1,31	0,88	0,67	0,62	14,15
2012	0,53	0,43	1,00	0,87	1,57	1,15	1,57	1,19	0,96	0,74	0,55	0,42	0,44	8,08
2013	0,53	0,73	0,79	1,54	0,99	0,70	0,55	0,55	0,39	0,31	0,32	0,23	0,18	14,08
2014	0,53	0,54	0,96	0,82	0,73	1,17	1,37	0,74	0,59	0,47	0,35	0,27	0,44	11,71
Observado	0,54	0,46	0,73	2,80	1,97	2,73	2,35	1,83	1,42	1,15	0,91	0,60	0,58	
Mediana		0,59	1,00	1,97	2,50	2,15	2,18	1,45	1,03	0,85	0,69	0,57	0,58	
Erro		0,12	0,26	-0,83	0,53	-0,58	-0,18	-0,38	-0,39	-0,30	-0,22	-0,02	0,49	
Simul.Hist		0,39	0,97	1,94	2,72	1,38	1,77	1,17	0,84	0,85	0,59	0,55	0,41	
Erro Modelo		-16%	32%	-31%	38%	-50%	-25%	-36%	-41%	-26%	-34%	-8%	-30%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



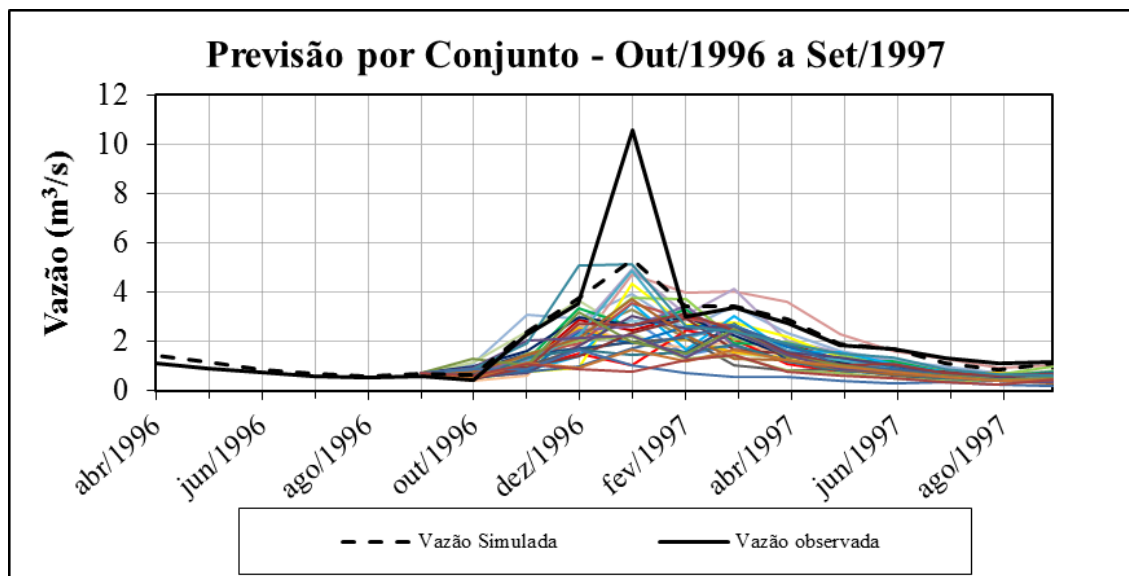
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/95	out/95	nov/95	dez/95	jan/96	fev/96	mar/96	abr/96	mai/96	jun/96	jul/96	ago/96	set/96	
1979	0,61	0,81	1,44	2,50	3,47	2,24	1,60	2,08	1,13	1,16	0,79	0,62	0,60	2,16
1980	0,61	0,57	1,22	2,26	3,04	1,53	1,94	1,27	0,92	0,92	0,64	0,59	0,44	0,86
1981	0,61	1,24	3,34	3,11	4,08	2,60	3,56	2,40	1,68	1,31	1,01	0,77	0,67	12,24
1982	0,61	1,10	0,95	2,03	4,94	4,11	4,15	3,68	2,33	1,67	1,35	0,94	1,09	27,62
1983	0,61	1,32	2,57	3,83	2,44	1,38	1,58	1,34	0,93	0,69	0,54	0,61	0,85	3,41
1984	0,61	0,87	1,25	2,64	5,12	3,18	4,24	2,11	1,63	1,26	0,93	0,74	0,80	16,79
1985	0,61	0,72	1,21	2,67	2,98	3,12	2,42	1,64	1,32	0,98	0,82	0,76	0,56	3,13
1986	0,61	0,53	0,72	2,90	2,06	1,86	2,07	1,54	1,05	0,97	0,70	0,55	0,77	2,14
1987	0,61	0,82	1,17	3,08	2,60	3,13	2,53	1,98	1,32	1,00	0,74	0,57	0,58	4,03
1988	0,61	0,97	1,02	1,62	1,13	2,57	2,19	1,15	0,83	0,90	0,78	0,64	0,62	4,06
1989	0,61	0,91	1,31	2,76	2,05	2,20	1,63	1,40	1,18	0,82	0,77	0,77	0,69	0,92
1990	0,61	0,61	0,86	1,05	4,56	2,76	2,87	2,26	1,41	1,08	0,87	0,66	0,73	10,43
1991	0,61	0,89	1,20	2,26	3,93	3,86	2,16	2,05	1,50	1,09	0,83	0,71	1,03	7,73
1992	0,61	0,88	1,37	3,53	2,76	3,45	2,03	1,97	1,22	1,23	0,82	0,67	0,81	5,14
1993	0,61	0,72	0,92	1,51	3,77	1,74	3,17	1,69	1,63	1,14	0,83	0,64	0,52	6,12
1994	0,61	0,63	0,89	2,59	2,03	2,75	2,79	1,84	1,33	0,99	0,74	0,57	0,63	3,86
1995														
1996	0,61	0,73	2,45	3,80	5,36	3,47	3,45	2,94	1,91	1,70	1,15	0,86	1,12	21,65
1997	0,61	0,87	1,15	1,78	2,08	2,23	1,09	0,90	0,93	0,65	0,48	0,46	0,36	1,58
1998	0,61	0,99	1,66	1,83	2,10	1,66	2,85	1,31	0,90	0,74	0,57	0,44	0,39	2,13
1999	0,61	0,69	1,59	2,07	3,75	3,02	2,72	1,67	1,10	0,87	0,72	0,63	0,70	4,22
2000	0,61	0,62	1,66	2,17	2,31	1,36	1,47	0,87	0,74	0,55	0,43	0,44	0,41	0,76
2001	0,61	0,89	1,39	2,65	2,76	3,57	1,89	1,23	0,94	0,73	0,59	0,47	0,65	3,05
2002	0,61	0,70	1,31	2,40	5,07	2,25	2,75	1,68	1,27	0,94	0,70	0,60	0,49	8,08
2003	0,61	0,58	1,10	1,53	2,51	3,06	1,72	1,57	1,13	0,89	0,80	0,57	0,43	2,93
2004	0,61	0,71	0,79	1,99	3,17	2,62	2,73	1,64	1,42	1,08	0,78	0,60	0,71	3,69
2005	0,61	0,56	1,48	1,79	1,54	1,66	1,97	1,25	0,85	0,70	0,53	0,45	0,53	1,85
2006	0,61	0,89	1,59	2,30	3,89	2,36	1,39	1,32	0,94	0,72	0,60	0,45	0,34	2,09
2007	0,61	0,75	0,89	1,10	1,83	2,38	2,73	1,93	1,09	0,93	0,68	0,64	0,78	5,12
2008	0,61	0,63	1,06	2,92	2,81	3,24	2,55	1,59	1,11	1,12	0,76	0,64	0,68	3,86
2009	0,61	1,49	1,17	3,40	2,09	1,61	2,59	1,49	1,09	0,82	0,62	0,48	0,52	3,08
2010	0,61	1,07	2,21	2,26	2,34	1,45	2,52	1,49	0,93	0,79	0,59	0,46	0,37	1,50
2011	0,61	1,05	2,10	5,33	5,32	2,70	2,46	1,97	1,58	1,37	0,92	0,70	0,65	19,11
2012	0,61	0,63	1,25	1,04	1,80	1,30	1,74	1,31	1,05	0,81	0,60	0,46	0,48	3,20
2013	0,61	1,01	0,98	1,81	1,14	0,81	0,63	0,63	0,44	0,35	0,37	0,26	0,20	6,26
2014	0,61	0,76	1,20	0,99	0,86	1,34	1,53	0,82	0,66	0,53	0,39	0,30	0,48	5,97
Observado	0,58	0,88	1,73	2,39	2,60	1,90	1,67	1,11	0,94	0,74	0,63	0,55	0,60	
Mediana		0,81	1,22	2,26	2,76	2,38	2,42	1,59	1,11	0,93	0,74	0,60	0,62	
Erro		-0,07	-0,51	-0,13	0,16	0,48	0,75	0,49	0,17	0,19	0,11	0,06	0,53	
Simul.Hist		0,57	1,22	2,26	3,04	1,53	1,94	1,27	0,92	0,92	0,64	0,59	0,44	
Erro Modelo		-35%	-29%	-6%	17%	-20%	16%	15%	-2%	25%	3%	8%	-26%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



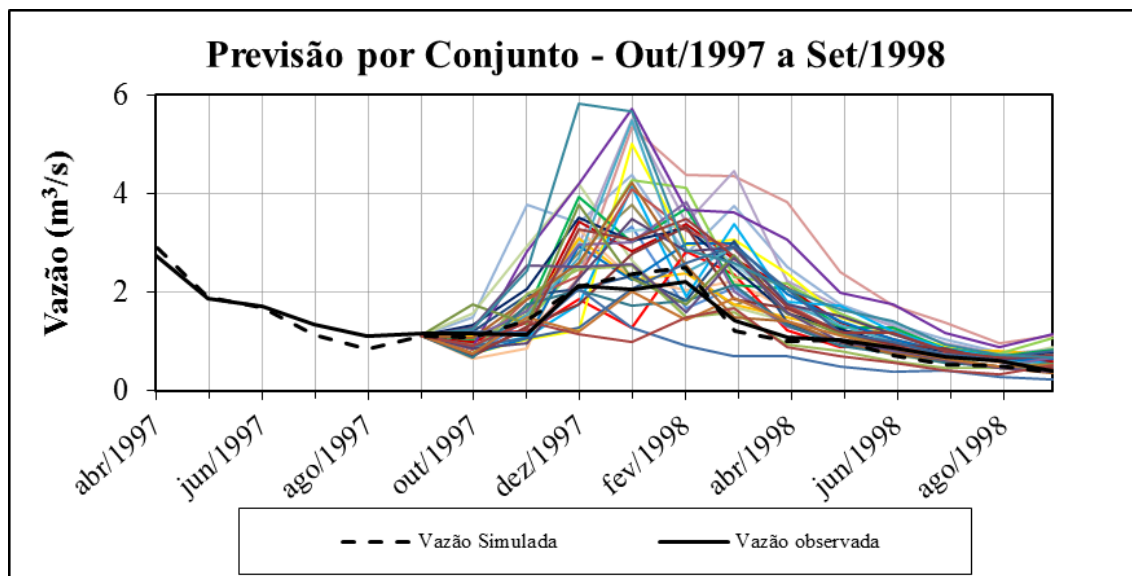
Área da bacia	113	km ²	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
			set/96	out/96	nov/96	dez/96	jan/97	fev/97	mar/97	abr/97	mai/97	jun/97	jul/97	
1979	0,73	0,69	1,31	2,35	3,32	2,15	1,54	2,01	1,09	1,13	0,77	0,60	0,58	61,45
1980	0,73	0,48	1,10	2,11	2,89	1,46	1,86	1,22	0,88	0,89	0,62	0,57	0,43	72,28
1981	0,73	1,08	3,12	2,96	3,93	2,51	3,47	2,34	1,65	1,28	0,99	0,75	0,65	46,51
1982	0,73	0,95	0,86	1,89	4,74	3,99	4,05	3,61	2,29	1,64	1,32	0,93	1,07	41,31
1983	0,73	1,15	2,39	3,65	2,34	1,32	1,52	1,29	0,90	0,67	0,52	0,59	0,82	79,53
1984	0,73	0,74	1,13	2,48	4,92	3,08	4,13	2,06	1,59	1,23	0,91	0,72	0,79	36,25
1985	0,73	0,61	1,10	2,51	2,84	3,00	2,34	1,59	1,28	0,95	0,80	0,74	0,55	66,22
1986	0,73	0,44	0,63	2,71	1,95	1,77	1,99	1,49	1,01	0,94	0,68	0,53	0,75	84,85
1987	0,73	0,70	1,06	2,90	2,48	3,02	2,45	1,93	1,28	0,98	0,72	0,56	0,57	70,84
1988	0,73	0,83	0,92	1,51	1,05	2,45	2,10	1,10	0,80	0,87	0,75	0,62	0,60	103,97
1989	0,73	0,78	1,19	2,59	1,95	2,11	1,57	1,35	1,14	0,79	0,74	0,74	0,67	84,51
1990	0,73	0,51	0,77	0,96	4,35	2,65	2,78	2,20	1,37	1,05	0,85	0,64	0,71	49,76
1991	0,73	0,76	1,08	2,12	3,76	3,73	2,09	1,99	1,46	1,06	0,80	0,69	1,01	53,71
1992	0,73	0,75	1,24	3,33	2,64	3,33	1,96	1,91	1,19	1,19	0,80	0,65	0,80	68,09
1993	0,73	0,61	0,83	1,40	3,59	1,67	3,06	1,64	1,58	1,11	0,80	0,62	0,50	59,91
1994	0,73	0,53	0,80	2,43	1,93	2,64	2,70	1,78	1,29	0,96	0,72	0,55	0,61	81,49
1995	0,73	0,97	1,65	3,00	2,68	2,97	2,26	1,43	1,16	0,87	0,72	0,59	0,73	68,12
1996														
1997	0,73	0,74	1,04	1,66	1,97	2,13	1,04	0,86	0,90	0,62	0,46	0,44	0,35	92,89
1998	0,73	0,86	1,52	1,71	1,99	1,59	2,75	1,26	0,86	0,71	0,55	0,42	0,38	85,95
1999	0,73	0,58	1,45	1,94	3,58	2,91	2,64	1,62	1,07	0,85	0,70	0,62	0,68	56,09
2000	0,73	0,52	1,51	2,04	2,20	1,29	1,40	0,83	0,71	0,52	0,41	0,43	0,40	88,01
2001	0,73	0,76	1,26	2,49	2,63	3,44	1,83	1,19	0,91	0,70	0,57	0,46	0,64	73,37
2002	0,73	0,59	1,18	2,25	4,87	2,17	2,67	1,63	1,24	0,91	0,68	0,59	0,47	40,03
2003	0,73	0,48	0,98	1,42	2,38	2,94	1,65	1,51	1,09	0,86	0,78	0,56	0,42	80,23
2004	0,73	0,60	0,71	1,85	3,02	2,51	2,63	1,58	1,38	1,05	0,76	0,59	0,69	65,98
2005	0,73	0,46	1,34	1,66	1,46	1,58	1,89	1,20	0,82	0,67	0,51	0,44	0,51	97,74
2006	0,73	0,76	1,45	2,16	3,72	2,27	1,33	1,27	0,91	0,70	0,58	0,43	0,33	60,13
2007	0,73	0,63	0,80	1,01	1,72	2,26	2,63	1,87	1,05	0,90	0,66	0,62	0,76	91,00
2008	0,73	0,53	0,95	2,74	2,68	3,12	2,47	1,54	1,07	1,09	0,74	0,62	0,66	68,70
2009	0,73	1,31	1,07	3,22	1,99	1,54	2,50	1,44	1,06	0,80	0,60	0,46	0,50	83,37
2010	0,73	0,93	2,04	2,13	2,23	1,39	2,44	1,44	0,90	0,77	0,57	0,44	0,35	80,43
2011	0,73	0,90	1,94	5,09	5,16	2,62	2,40	1,92	1,54	1,34	0,90	0,68	0,64	34,62
2012	0,73	0,52	1,13	0,96	1,69	1,23	1,66	1,25	1,00	0,78	0,58	0,44	0,47	98,14
2013	0,73	0,87	0,89	1,68	1,07	0,76	0,59	0,60	0,42	0,33	0,35	0,25	0,19	119,83
2014	0,73	0,65	1,09	0,91	0,80	1,26	1,46	0,78	0,62	0,50	0,37	0,29	0,46	119,44
Observado	0,60	0,45	2,31	3,54	10,56	3,01	3,37	2,73	1,88	1,73	1,34	1,13	1,17	
Mediana		0,70	1,10	2,13	2,63	2,27	2,26	1,51	1,07	0,89	0,72	0,59	0,60	
Erro		0,25	-1,21	-1,41	-7,93	-0,74	-1,10	-1,22	-0,81	-0,84	-0,62	-0,54	0,51	
Simul.Hist		0,48	1,10	2,11	2,89	1,46	1,86	1,22	0,88	0,89	0,62	0,57	0,43	
Erro Modelo		6%	-52%	-40%	-73%	-52%	-45%	-55%	-53%	-48%	-54%	-49%	-64%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



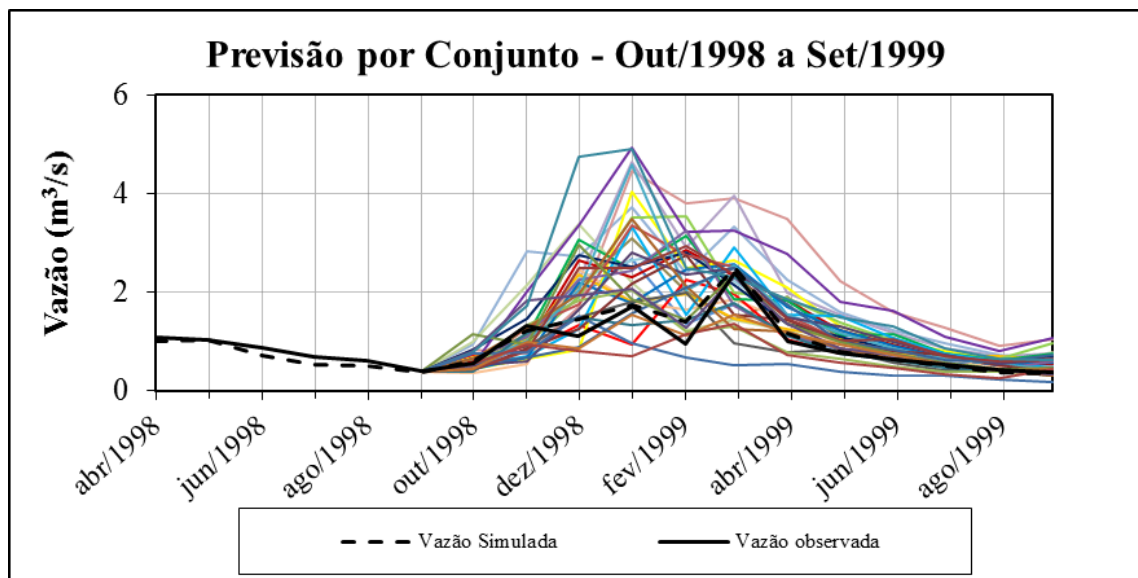
Área da bacia	113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/97	out/97	nov/97	dez/97	jan/98	fev/98	mar/98	abr/98	mai/98	jun/98	jul/98	ago/98	set/98	
1979	1,11	0,98	1,70	2,81	3,77	2,41	1,72	2,21	1,20	1,23	0,83	0,65	0,63	5,30
1980	1,11	0,70	1,46	2,56	3,33	1,68	2,09	1,37	0,99	0,99	0,69	0,63	0,47	2,96
1981	1,11	1,48	3,78	3,42	4,39	2,77	3,74	2,51	1,76	1,37	1,05	0,80	0,69	22,82
1982	1,11	1,32	1,13	2,31	5,34	4,37	4,35	3,83	2,42	1,73	1,39	0,97	1,12	35,16
1983	1,11	1,57	2,93	4,20	2,65	1,49	1,69	1,43	0,99	0,74	0,57	0,65	0,89	8,97
1984	1,11	1,05	1,47	2,98	5,52	3,40	4,45	2,22	1,71	1,31	0,97	0,77	0,83	25,50
1985	1,11	0,88	1,44	3,01	3,26	3,36	2,58	1,75	1,40	1,04	0,87	0,79	0,59	5,67
1986	1,11	0,65	0,88	3,29	2,28	2,04	2,23	1,66	1,12	1,03	0,75	0,58	0,81	2,90
1987	1,11	1,00	1,39	3,45	2,84	3,37	2,69	2,10	1,40	1,06	0,78	0,61	0,61	6,55
1988	1,11	1,17	1,22	1,87	1,28	2,82	2,36	1,24	0,90	0,97	0,83	0,68	0,66	2,06
1989	1,11	1,09	1,55	3,10	2,26	2,40	1,76	1,50	1,26	0,88	0,82	0,81	0,72	1,64
1990	1,11	0,75	1,04	1,23	5,00	2,98	3,06	2,39	1,49	1,14	0,92	0,70	0,77	15,06
1991	1,11	1,08	1,42	2,57	4,28	4,13	2,30	2,16	1,58	1,15	0,87	0,75	1,07	11,58
1992	1,11	1,06	1,62	3,93	3,01	3,70	2,16	2,08	1,29	1,29	0,87	0,70	0,85	8,53
1993	1,11	0,87	1,11	1,75	4,14	1,90	3,38	1,80	1,73	1,21	0,87	0,67	0,55	9,64
1994	1,11	0,77	1,08	2,94	2,25	2,99	2,98	1,95	1,41	1,05	0,78	0,60	0,66	4,83
1995	1,11	1,34	2,08	3,52	3,04	3,30	2,48	1,56	1,26	0,95	0,78	0,64	0,79	6,51
1996	1,11	0,89	2,83	4,19	5,73	3,67	3,62	3,06	1,98	1,76	1,19	0,89	1,15	33,89
1997														
1998	1,11	1,20	1,94	2,07	2,32	1,83	3,05	1,40	0,96	0,79	0,61	0,47	0,41	3,67
1999	1,11	0,84	1,87	2,34	4,08	3,25	2,89	1,77	1,17	0,93	0,76	0,67	0,73	8,56
2000	1,11	0,76	1,95	2,45	2,55	1,49	1,60	0,95	0,80	0,59	0,47	0,48	0,44	1,97
2001	1,11	1,07	1,63	2,97	3,02	3,83	2,02	1,32	1,00	0,78	0,63	0,50	0,69	4,96
2002	1,11	0,85	1,55	2,71	5,47	2,42	2,92	1,78	1,34	0,99	0,74	0,63	0,51	15,08
2003	1,11	0,71	1,31	1,76	2,78	3,32	1,85	1,69	1,21	0,95	0,85	0,61	0,46	2,70
2004	1,11	0,86	0,96	2,28	3,48	2,84	2,91	1,75	1,51	1,14	0,82	0,64	0,75	5,62
2005	1,11	0,68	1,76	2,04	1,73	1,84	2,14	1,35	0,92	0,76	0,58	0,49	0,56	1,54
2006	1,11	1,08	1,86	2,60	4,23	2,55	1,49	1,42	1,01	0,77	0,64	0,48	0,37	5,69
2007	1,11	0,91	1,07	1,28	2,06	2,61	2,93	2,06	1,17	0,99	0,73	0,68	0,82	4,36
2008	1,11	0,77	1,27	3,29	3,08	3,49	2,72	1,70	1,18	1,19	0,80	0,68	0,71	6,39
2009	1,11	1,77	1,37	3,78	2,28	1,75	2,77	1,58	1,16	0,87	0,66	0,51	0,54	5,50
2010	1,11	1,29	2,55	2,53	2,57	1,59	2,70	1,59	0,99	0,84	0,63	0,48	0,39	4,76
2011	1,11	1,26	2,43	5,81	5,66	2,86	2,59	2,06	1,65	1,43	0,95	0,73	0,67	31,68
2012	1,11	0,76	1,49	1,21	2,02	1,44	1,90	1,42	1,13	0,88	0,65	0,49	0,52	2,12
2013	1,11	1,21	1,17	2,07	1,29	0,91	0,71	0,70	0,49	0,39	0,41	0,29	0,22	3,76
2014	1,11	0,92	1,42	1,15	0,99	1,50	1,69	0,90	0,72	0,58	0,43	0,33	0,52	3,25
Observado	1,17	1,16	1,14	2,14	2,06	2,23	1,42	1,10	1,04	0,88	0,69	0,62	0,41	
Mediana		0,98	1,47	2,60	3,02	2,77	2,58	1,70	1,20	0,99	0,78	0,64	0,66	
Erro		-0,18	0,33	0,46	0,96	0,55	1,16	0,59	0,16	0,11	0,09	0,02	0,56	
Simul.Hist		0,70	1,46	2,56	3,33	1,68	2,09	1,37	0,99	0,99	0,69	0,63	0,47	
Erro Modelo		-40%	28%	20%	62%	-25%	47%	24%	-6%	13%	0%	1%	13%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



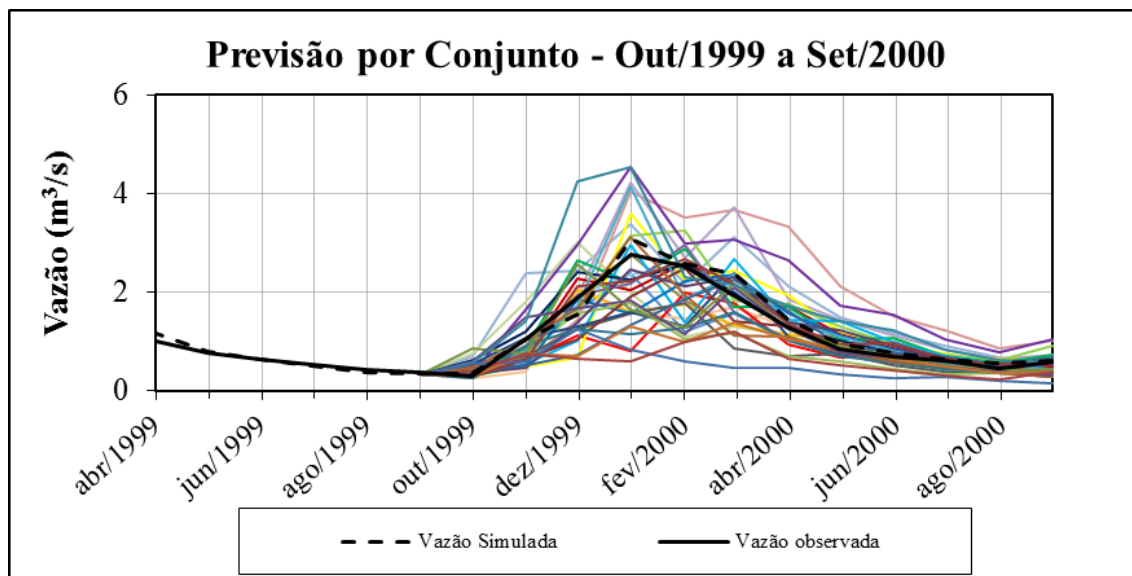
Área da bacia	113	km ²	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
			set/98	out/98	nov/98	dez/98	jan/99	fev/99	mar/99	abr/99	mai/99	jun/99	jul/99	
1979	0,39	0,60	1,15	2,14	3,10	2,02	1,45	1,92	1,04	1,08	0,73	0,57	0,56	6,18
1980	0,39	0,41	0,96	1,91	2,69	1,36	1,75	1,15	0,83	0,84	0,59	0,54	0,40	2,38
1981	0,39	0,94	2,82	2,74	3,71	2,38	3,33	2,26	1,59	1,24	0,96	0,73	0,63	14,86
1982	0,39	0,83	0,75	1,71	4,45	3,80	3,90	3,50	2,22	1,60	1,29	0,91	1,05	28,97
1983	0,39	1,01	2,15	3,39	2,20	1,24	1,44	1,23	0,85	0,64	0,49	0,57	0,79	7,55
1984	0,39	0,64	0,99	2,26	4,63	2,92	3,97	1,99	1,54	1,18	0,88	0,70	0,77	18,40
1985	0,39	0,53	0,95	2,28	2,65	2,83	2,22	1,52	1,22	0,91	0,77	0,71	0,53	6,54
1986	0,39	0,38	0,54	2,46	1,81	1,65	1,87	1,41	0,96	0,89	0,64	0,50	0,71	3,55
1987	0,39	0,61	0,93	2,65	2,31	2,85	2,33	1,84	1,23	0,93	0,69	0,54	0,54	7,42
1988	0,39	0,72	0,80	1,35	0,95	2,27	1,97	1,04	0,75	0,82	0,71	0,59	0,57	2,92
1989	0,39	0,67	1,05	2,37	1,81	1,97	1,48	1,27	1,08	0,75	0,71	0,71	0,64	3,86
1990	0,39	0,44	0,66	0,84	4,04	2,49	2,64	2,10	1,30	1,00	0,81	0,62	0,69	10,15
1991	0,39	0,66	0,95	1,92	3,51	3,54	1,99	1,90	1,40	1,02	0,77	0,67	0,98	12,59
1992	0,39	0,65	1,09	3,06	2,47	3,15	1,86	1,83	1,13	1,14	0,77	0,63	0,77	10,73
1993	0,39	0,52	0,71	1,25	3,33	1,56	2,90	1,56	1,51	1,06	0,77	0,59	0,48	4,72
1994	0,39	0,46	0,69	2,19	1,78	2,47	2,56	1,70	1,23	0,92	0,69	0,53	0,59	4,68
1995	0,39	0,85	1,47	2,76	2,51	2,81	2,16	1,36	1,11	0,83	0,69	0,57	0,71	7,31
1996	0,39	0,54	2,02	3,35	4,92	3,21	3,25	2,79	1,81	1,62	1,10	0,82	1,08	27,69
1997	0,39	0,65	0,91	1,49	1,81	1,99	0,97	0,80	0,84	0,58	0,43	0,42	0,33	3,48
1998														
1999	0,39	0,50	1,27	1,76	3,35	2,75	2,51	1,54	1,02	0,81	0,67	0,59	0,66	6,78
2000	0,39	0,45	1,33	1,85	2,03	1,20	1,31	0,78	0,66	0,49	0,39	0,40	0,38	1,99
2001	0,39	0,66	1,11	2,27	2,45	3,25	1,74	1,13	0,86	0,67	0,54	0,44	0,61	7,63
2002	0,39	0,51	1,04	2,04	4,58	2,05	2,54	1,56	1,18	0,87	0,66	0,56	0,46	10,89
2003	0,39	0,41	0,85	1,27	2,19	2,76	1,56	1,43	1,03	0,81	0,74	0,53	0,40	4,73
2004	0,39	0,52	0,61	1,66	2,80	2,36	2,50	1,51	1,32	1,00	0,72	0,56	0,67	4,72
2005	0,39	0,40	1,17	1,50	1,33	1,45	1,77	1,13	0,77	0,63	0,48	0,41	0,48	1,01
2006	0,39	0,66	1,27	1,96	3,48	2,13	1,25	1,20	0,86	0,66	0,55	0,41	0,32	6,54
2007	0,39	0,55	0,69	0,89	1,56	2,10	2,48	1,77	1,00	0,85	0,62	0,59	0,72	2,61
2008	0,39	0,46	0,82	2,49	2,50	2,94	2,35	1,47	1,02	1,04	0,71	0,60	0,63	7,22
2009	0,39	1,15	0,94	2,96	1,85	1,43	2,37	1,37	1,00	0,76	0,57	0,44	0,48	4,29
2010	0,39	0,81	1,82	1,94	2,07	1,29	2,30	1,37	0,85	0,73	0,54	0,42	0,34	1,39
2011	0,39	0,79	1,73	4,75	4,91	2,50	2,30	1,85	1,49	1,30	0,87	0,66	0,62	27,85
2012	0,39	0,45	0,98	0,85	1,54	1,13	1,55	1,17	0,94	0,73	0,55	0,41	0,44	1,06
2013	0,39	0,75	0,78	1,51	0,97	0,69	0,54	0,54	0,38	0,30	0,32	0,23	0,18	5,19
2014	0,39	0,56	0,95	0,81	0,71	1,15	1,36	0,73	0,58	0,47	0,35	0,27	0,43	2,58
Observado	0,41	0,57	1,31	1,12	1,72	0,97	2,40	1,00	0,76	0,65	0,53	0,44	0,37	
Mediana		0,60	0,96	1,96	2,47	2,27	2,16	1,47	1,03	0,85	0,69	0,57	0,59	
Erro		0,03	-0,35	0,83	0,75	1,30	-0,25	0,47	0,27	0,21	0,15	0,13	0,48	
Simul.Hist		0,41	0,96	1,91	2,69	1,36	1,75	1,15	0,83	0,84	0,59	0,54	0,40	
Erro Modelo		-28%	-27%	70%	57%	41%	-27%	15%	9%	30%	11%	24%	8%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



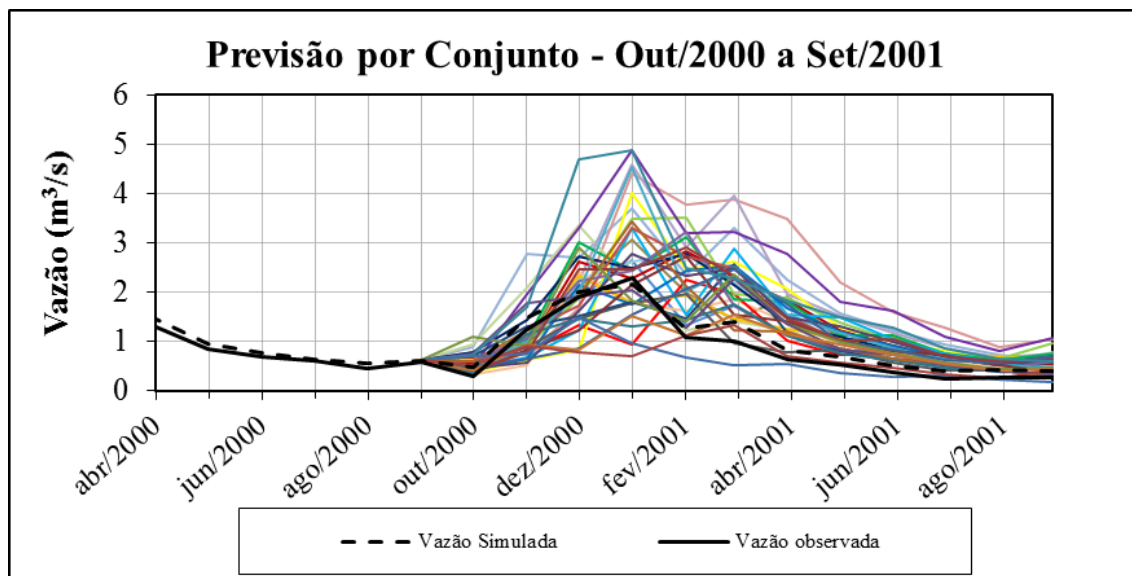
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/99	out/99	nov/99	dez/99	jan/00	fev/00	mar/00	abr/00	mai/00	jun/00	jul/00	ago/00	set/00	
1979	0,35	0,42	0,92	1,83	2,78	1,83	1,32	1,77	0,96	1,00	0,68	0,53	0,52	1,24
1980	0,35	0,28	0,75	1,62	2,39	1,21	1,58	1,05	0,76	0,77	0,54	0,50	0,37	2,31
1981	0,35	0,70	2,39	2,43	3,39	2,19	3,13	2,13	1,50	1,18	0,91	0,69	0,60	5,65
1982	0,35	0,61	0,59	1,44	4,03	3,52	3,67	3,33	2,12	1,53	1,23	0,87	1,01	13,24
1983	0,35	0,75	1,80	3,02	1,99	1,11	1,31	1,13	0,79	0,59	0,45	0,53	0,75	5,12
1984	0,35	0,46	0,78	1,94	4,21	2,69	3,73	1,87	1,45	1,12	0,83	0,66	0,73	6,38
1985	0,35	0,37	0,75	1,95	2,36	2,58	2,05	1,40	1,13	0,85	0,71	0,66	0,49	0,46
1986	0,35	0,26	0,40	2,09	1,59	1,46	1,70	1,29	0,87	0,81	0,59	0,46	0,66	3,08
1987	0,35	0,43	0,73	2,28	2,06	2,59	2,15	1,71	1,14	0,87	0,64	0,50	0,51	1,13
1988	0,35	0,52	0,63	1,12	0,81	2,01	1,79	0,94	0,68	0,74	0,65	0,54	0,53	5,19
1989	0,35	0,48	0,83	2,04	1,60	1,77	1,34	1,16	0,99	0,69	0,65	0,66	0,60	2,51
1990	0,35	0,30	0,50	0,68	3,59	2,26	2,43	1,95	1,21	0,93	0,76	0,58	0,65	3,43
1991	0,35	0,47	0,74	1,63	3,15	3,25	1,84	1,76	1,30	0,95	0,72	0,63	0,93	1,50
1992	0,35	0,46	0,86	2,66	2,21	2,88	1,72	1,70	1,05	1,07	0,72	0,59	0,73	1,51
1993	0,35	0,37	0,55	1,03	2,96	1,39	2,67	1,44	1,40	0,99	0,72	0,55	0,45	3,33
1994	0,35	0,31	0,53	1,86	1,56	2,22	2,35	1,57	1,13	0,85	0,63	0,49	0,55	2,21
1995	0,35	0,62	1,20	2,41	2,25	2,58	2,00	1,26	1,03	0,77	0,64	0,53	0,67	0,71
1996	0,35	0,38	1,66	2,96	4,53	2,99	3,06	2,65	1,73	1,55	1,05	0,79	1,04	9,84
1997	0,35	0,46	0,71	1,25	1,58	1,78	0,87	0,71	0,76	0,53	0,39	0,38	0,30	4,22
1998	0,35	0,54	1,08	1,31	1,61	1,31	2,38	1,09	0,75	0,61	0,48	0,37	0,33	3,62
1999														
2000	0,35	0,31	1,06	1,58	1,79	1,06	1,18	0,70	0,60	0,44	0,35	0,36	0,34	4,43
2001	0,35	0,47	0,88	1,95	2,18	2,97	1,60	1,04	0,79	0,61	0,50	0,40	0,57	0,82
2002	0,35	0,36	0,82	1,74	4,16	1,87	2,36	1,45	1,10	0,81	0,61	0,53	0,43	2,73
2003	0,35	0,28	0,66	1,05	1,91	2,49	1,41	1,31	0,94	0,74	0,68	0,49	0,37	1,98
2004	0,35	0,36	0,46	1,39	2,48	2,13	2,30	1,39	1,22	0,93	0,67	0,52	0,62	1,20
2005	0,35	0,27	0,93	1,26	1,15	1,28	1,59	1,02	0,70	0,57	0,44	0,37	0,44	4,94
2006	0,35	0,47	1,02	1,67	3,12	1,93	1,14	1,10	0,79	0,61	0,51	0,38	0,29	1,36
2007	0,35	0,39	0,53	0,72	1,34	1,87	2,26	1,63	0,91	0,78	0,57	0,55	0,68	4,44
2008	0,35	0,31	0,63	2,13	2,22	2,68	2,17	1,36	0,94	0,97	0,66	0,56	0,60	0,71
2009	0,35	0,87	0,76	2,58	1,65	1,28	2,18	1,26	0,93	0,70	0,53	0,41	0,45	3,79
2010	0,35	0,59	1,50	1,68	1,84	1,15	2,11	1,26	0,78	0,67	0,50	0,39	0,31	3,26
2011	0,35	0,57	1,42	4,25	4,55	2,32	2,15	1,74	1,41	1,24	0,83	0,63	0,59	9,81
2012	0,35	0,31	0,77	0,70	1,32	0,99	1,38	1,06	0,85	0,67	0,50	0,37	0,40	6,45
2013	0,35	0,55	0,61	1,27	0,83	0,59	0,46	0,47	0,33	0,26	0,28	0,20	0,15	11,90
2014	0,35	0,40	0,75	0,66	0,60	0,99	1,20	0,65	0,51	0,41	0,31	0,24	0,39	10,12
Observado	0,37	0,29	1,05	1,90	2,78	2,53	1,93	1,29	0,86	0,70	0,60	0,46	0,60	
Mediana		0,43	0,76	1,68	2,18	1,93	2,00	1,31	0,94	0,78	0,64	0,53	0,53	
Erro		0,14	-0,29	-0,22	-0,59	-0,60	0,06	0,01	0,09	0,08	0,04	0,06	0,45	
Simul.Hist		0,28	0,75	1,62	2,39	1,21	1,58	1,05	0,76	0,77	0,54	0,50	0,37	
Erro Modelo		-4%	-29%	-15%	-14%	-52%	-18%	-19%	-12%	10%	-11%	8%	-38%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



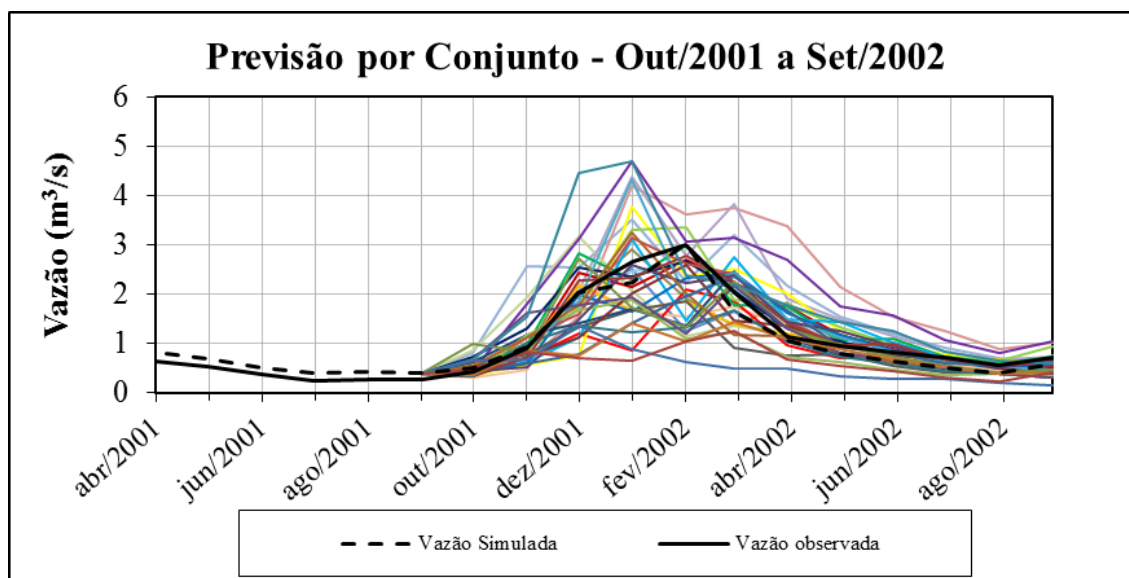
Área da bacia	113	km2	Previsão de Vazões (m ³ /s)											
mês	set/00	out/00	nov/00	dez/00	jan/01	fev/01	mar/01	abr/01	mai/01	jun/01	jul/01	ago/01	set/01	Erro
1979	0,63	0,55	1,12	2,11	3,07	2,01	1,44	1,91	1,04	1,07	0,73	0,57	0,55	4,52
1980	0,63	0,37	0,93	1,88	2,66	1,34	1,73	1,14	0,83	0,84	0,58	0,54	0,40	1,60
1981	0,63	0,89	2,78	2,71	3,69	2,36	3,32	2,25	1,58	1,24	0,95	0,73	0,63	17,60
1982	0,63	0,78	0,73	1,68	4,42	3,77	3,88	3,48	2,21	1,59	1,28	0,90	1,04	35,04
1983	0,63	0,95	2,11	3,36	2,18	1,22	1,43	1,22	0,85	0,63	0,49	0,56	0,79	4,43
1984	0,63	0,60	0,96	2,23	4,60	2,90	3,95	1,98	1,53	1,18	0,87	0,69	0,76	21,85
1985	0,63	0,49	0,93	2,25	2,62	2,81	2,21	1,51	1,21	0,91	0,76	0,70	0,52	6,78
1986	0,63	0,34	0,52	2,42	1,79	1,63	1,86	1,40	0,95	0,88	0,64	0,50	0,71	3,44
1987	0,63	0,57	0,90	2,61	2,28	2,83	2,31	1,83	1,22	0,93	0,69	0,53	0,54	7,94
1988	0,63	0,68	0,78	1,32	0,94	2,24	1,96	1,03	0,74	0,81	0,71	0,58	0,57	5,53
1989	0,63	0,63	1,02	2,34	1,79	1,95	1,46	1,26	1,07	0,75	0,70	0,71	0,64	2,89
1990	0,63	0,40	0,64	0,83	4,00	2,47	2,62	2,08	1,30	1,00	0,81	0,61	0,68	12,71
1991	0,63	0,61	0,92	1,89	3,48	3,51	1,98	1,89	1,39	1,01	0,77	0,66	0,97	12,07
1992	0,63	0,60	1,06	3,02	2,45	3,13	1,85	1,81	1,13	1,14	0,77	0,62	0,77	9,20
1993	0,63	0,48	0,69	1,23	3,30	1,54	2,88	1,55	1,50	1,06	0,77	0,59	0,48	8,22
1994	0,63	0,42	0,67	2,16	1,76	2,45	2,54	1,68	1,22	0,91	0,68	0,53	0,58	7,10
1995	0,63	0,80	1,43	2,73	2,48	2,79	2,14	1,35	1,10	0,83	0,68	0,57	0,70	6,70
1996	0,63	0,50	1,98	3,31	4,89	3,19	3,23	2,77	1,81	1,61	1,10	0,82	1,08	28,12
1997	0,63	0,60	0,88	1,47	1,79	1,97	0,96	0,79	0,83	0,58	0,43	0,41	0,32	1,65
1998	0,63	0,70	1,31	1,53	1,82	1,46	2,58	1,19	0,81	0,67	0,52	0,40	0,35	3,72
1999	0,63	0,46	1,24	1,73	3,32	2,73	2,50	1,53	1,02	0,80	0,67	0,59	0,65	7,70
2000														
2001	0,63	0,62	1,08	2,24	2,43	3,22	1,72	1,12	0,85	0,66	0,54	0,43	0,61	5,97
2002	0,63	0,47	1,01	2,01	4,54	2,03	2,53	1,55	1,18	0,87	0,65	0,56	0,45	10,18
2003	0,63	0,38	0,83	1,24	2,16	2,73	1,54	1,42	1,02	0,81	0,73	0,52	0,40	4,98
2004	0,63	0,48	0,59	1,63	2,77	2,34	2,48	1,50	1,31	0,99	0,72	0,56	0,66	6,68
2005	0,63	0,36	1,14	1,48	1,31	1,44	1,76	1,12	0,76	0,63	0,48	0,41	0,48	2,30
2006	0,63	0,61	1,24	1,93	3,45	2,11	1,24	1,20	0,85	0,66	0,55	0,41	0,31	3,16
2007	0,63	0,51	0,67	0,87	1,54	2,08	2,46	1,76	0,99	0,84	0,62	0,59	0,72	7,25
2008	0,63	0,42	0,80	2,46	2,47	2,92	2,34	1,46	1,01	1,04	0,70	0,59	0,63	7,47
2009	0,63	1,10	0,92	2,92	1,84	1,42	2,36	1,36	1,00	0,75	0,57	0,44	0,48	4,96
2010	0,63	0,76	1,79	1,92	2,05	1,28	2,29	1,36	0,85	0,72	0,54	0,42	0,33	3,12
2011	0,63	0,74	1,69	4,70	4,88	2,48	2,29	1,84	1,48	1,30	0,87	0,66	0,62	22,39
2012	0,63	0,41	0,95	0,84	1,52	1,12	1,53	1,16	0,94	0,73	0,54	0,41	0,44	2,82
2013	0,63	0,71	0,75	1,49	0,96	0,68	0,53	0,54	0,38	0,30	0,32	0,22	0,18	2,79
2014	0,63	0,52	0,92	0,79	0,70	1,13	1,34	0,72	0,57	0,46	0,34	0,26	0,43	4,07
Observado	0,60	0,29	1,24	1,91	2,28	1,09	1,00	0,63	0,53	0,38	0,25	0,28	0,27	
Mediana		0,57	0,93	1,93	2,45	2,24	2,21	1,46	1,02	0,84	0,68	0,56	0,58	
Erro		0,27	-0,31	0,02	0,16	1,15	1,21	0,83	0,49	0,47	0,43	0,29	0,48	
Simul.Hist		0,37	0,93	1,88	2,66	1,34	1,73	1,14	0,83	0,84	0,58	0,54	0,40	
Erro Modelo		27%	-25%	-2%	17%	23%	73%	82%	55%	121%	131%	95%	51%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



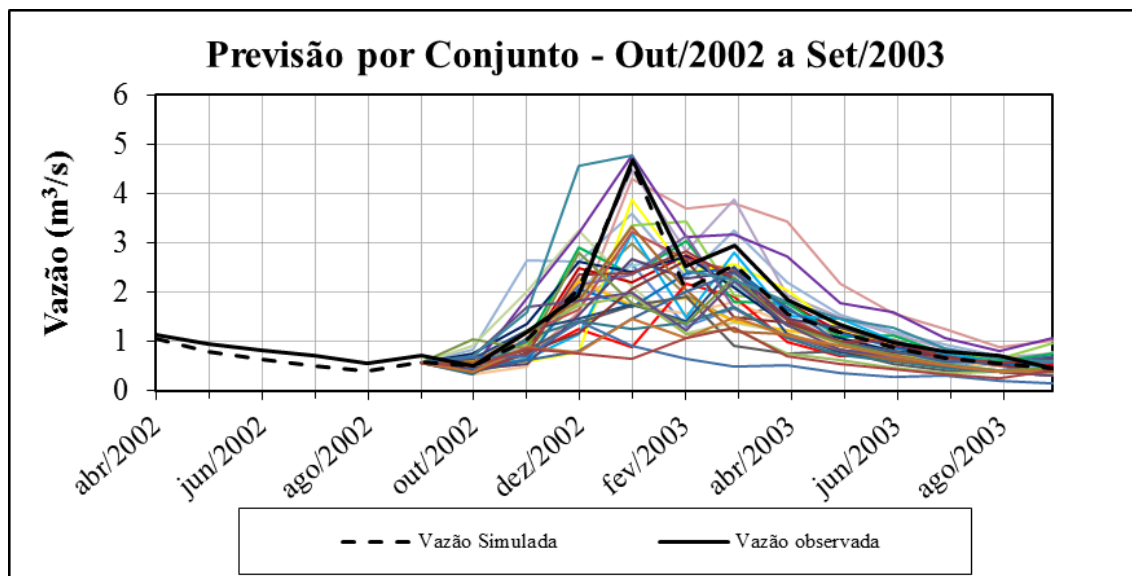
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/01	out/01	nov/01	dez/01	jan/02	fev/02	mar/02	abr/02	mai/02	jun/02	jul/02	ago/02	set/02	
1979	0,40	0,51	1,02	1,96	2,91	1,91	1,38	1,83	1,00	1,03	0,70	0,55	0,54	2,23
1980	0,40	0,34	0,83	1,74	2,51	1,27	1,65	1,09	0,79	0,80	0,56	0,52	0,39	3,40
1981	0,40	0,81	2,57	2,55	3,52	2,27	3,21	2,18	1,54	1,20	0,93	0,71	0,62	7,56
1982	0,40	0,71	0,66	1,55	4,20	3,63	3,76	3,40	2,16	1,55	1,26	0,88	1,03	13,77
1983	0,40	0,87	1,94	3,17	2,07	1,16	1,36	1,17	0,81	0,61	0,47	0,54	0,77	6,83
1984	0,40	0,55	0,87	2,07	4,38	2,79	3,83	1,92	1,49	1,15	0,85	0,68	0,74	7,33
1985	0,40	0,44	0,83	2,08	2,48	2,68	2,12	1,45	1,17	0,87	0,74	0,68	0,51	0,35
1986	0,40	0,32	0,46	2,24	1,68	1,54	1,77	1,33	0,91	0,84	0,61	0,48	0,68	3,44
1987	0,40	0,52	0,81	2,43	2,16	2,70	2,22	1,76	1,18	0,90	0,66	0,51	0,52	1,03
1988	0,40	0,62	0,70	1,21	0,87	2,11	1,86	0,98	0,70	0,77	0,68	0,56	0,55	4,88
1989	0,40	0,57	0,92	2,17	1,68	1,85	1,39	1,21	1,03	0,72	0,67	0,68	0,61	2,74
1990	0,40	0,37	0,57	0,75	3,77	2,36	2,52	2,01	1,25	0,96	0,78	0,59	0,66	4,55
1991	0,40	0,56	0,83	1,74	3,29	3,37	1,90	1,82	1,34	0,98	0,74	0,64	0,95	1,37
1992	0,40	0,55	0,96	2,82	2,32	2,99	1,78	1,75	1,09	1,10	0,74	0,60	0,74	1,26
1993	0,40	0,44	0,62	1,12	3,11	1,46	2,76	1,49	1,45	1,02	0,74	0,57	0,46	4,50
1994	0,40	0,38	0,59	2,00	1,65	2,32	2,44	1,62	1,17	0,87	0,66	0,51	0,56	2,05
1995	0,40	0,73	1,31	2,55	2,36	2,67	2,06	1,30	1,06	0,80	0,66	0,55	0,68	0,76
1996	0,40	0,45	1,81	3,12	4,69	3,08	3,13	2,70	1,76	1,58	1,07	0,80	1,06	11,34
1997	0,40	0,55	0,79	1,35	1,67	1,86	0,91	0,75	0,79	0,55	0,41	0,39	0,31	4,54
1998	0,40	0,64	1,19	1,41	1,70	1,37	2,47	1,14	0,77	0,64	0,50	0,38	0,34	4,55
1999	0,40	0,42	1,12	1,60	3,14	2,61	2,40	1,48	0,98	0,77	0,64	0,57	0,63	0,90
2000	0,40	0,38	1,17	1,69	1,89	1,11	1,23	0,73	0,62	0,46	0,37	0,38	0,36	5,65
2001														
2002	0,40	0,43	0,91	1,86	4,33	1,94	2,43	1,49	1,14	0,84	0,63	0,54	0,44	4,35
2003	0,40	0,35	0,74	1,14	2,02	2,60	1,47	1,36	0,98	0,77	0,70	0,50	0,38	1,87
2004	0,40	0,43	0,53	1,50	2,61	2,22	2,38	1,44	1,26	0,96	0,69	0,54	0,64	1,37
2005	0,40	0,33	1,03	1,36	1,22	1,35	1,67	1,06	0,73	0,60	0,45	0,39	0,46	5,67
2006	0,40	0,56	1,13	1,79	3,27	2,01	1,18	1,14	0,82	0,63	0,52	0,39	0,30	2,46
2007	0,40	0,46	0,60	0,79	1,43	1,96	2,35	1,69	0,95	0,81	0,59	0,57	0,70	4,65
2008	0,40	0,38	0,71	2,28	2,33	2,79	2,25	1,41	0,97	1,00	0,68	0,57	0,61	0,40
2009	0,40	1,00	0,83	2,73	1,73	1,34	2,26	1,31	0,96	0,72	0,55	0,42	0,46	4,58
2010	0,40	0,69	1,63	1,79	1,93	1,21	2,19	1,31	0,81	0,69	0,51	0,40	0,32	4,70
2011	0,40	0,67	1,55	4,45	4,70	2,39	2,21	1,79	1,44	1,26	0,85	0,64	0,60	11,74
2012	0,40	0,38	0,86	0,76	1,41	1,04	1,45	1,10	0,89	0,69	0,52	0,39	0,42	7,51
2013	0,40	0,64	0,68	1,36	0,89	0,63	0,49	0,50	0,35	0,28	0,30	0,21	0,16	13,28
2014	0,40	0,47	0,83	0,72	0,64	1,05	1,26	0,68	0,54	0,43	0,32	0,25	0,41	11,04
Observado	0,27	0,44	0,89	2,04	2,66	2,99	2,02	1,14	0,95	0,83	0,73	0,56	0,71	
Mediana		0,51	0,83	1,79	2,32	2,01	2,12	1,41	0,98	0,81	0,66	0,54	0,55	
Erro		0,07	-0,06	-0,25	-0,34	-0,98	0,10	0,26	0,03	-0,02	-0,08	-0,01	0,46	
Simul.Hist		0,34	0,83	1,74	2,51	1,27	1,65	1,09	0,79	0,80	0,56	0,52	0,39	
Erro Modelo		-22%	-7%	-15%	-6%	-58%	-18%	-4%	-17%	-3%	-24%	-7%	-46%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



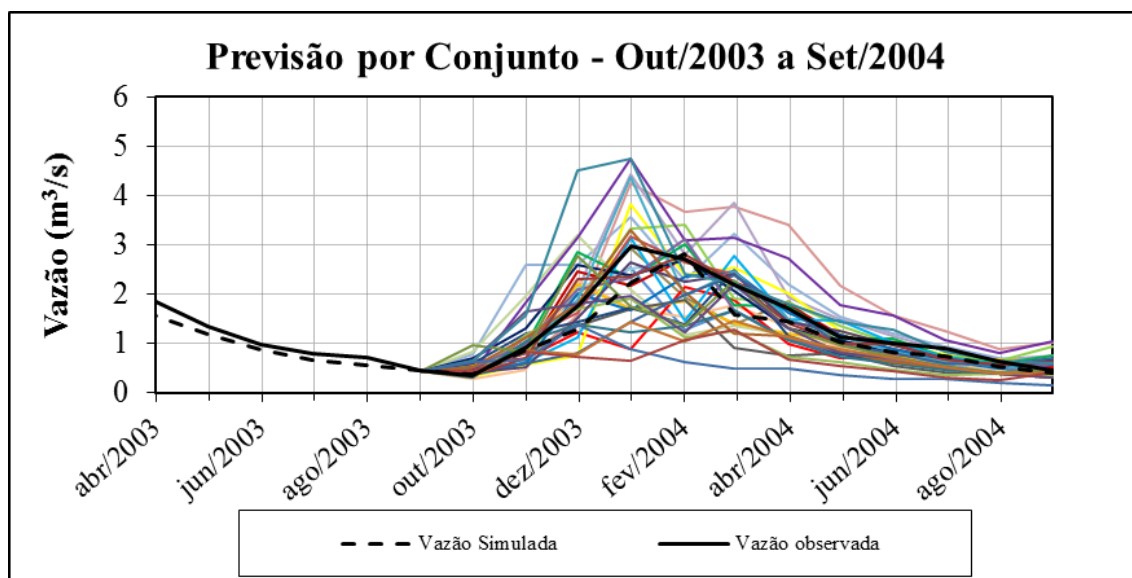
Área da bacia	113	km ²	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
			set/02	out/02	nov/02	dez/02	jan/03	fev/03	mar/03	abr/03	mai/03	jun/03	jul/03	
1979	0,58	0,53	1,06	2,02	2,98	1,95	1,40	1,86	1,01	1,05	0,71	0,56	0,54	5,78
1980	0,58	0,36	0,87	1,80	2,57	1,30	1,69	1,11	0,80	0,82	0,57	0,53	0,39	8,61
1981	0,58	0,85	2,66	2,62	3,59	2,31	3,26	2,21	1,56	1,22	0,94	0,72	0,62	4,30
1982	0,58	0,74	0,69	1,60	4,29	3,69	3,81	3,43	2,18	1,57	1,27	0,89	1,03	6,79
1983	0,58	0,91	2,01	3,25	2,12	1,19	1,39	1,19	0,83	0,62	0,48	0,55	0,78	14,38
1984	0,58	0,57	0,91	2,14	4,47	2,84	3,88	1,94	1,50	1,16	0,86	0,68	0,75	1,28
1985	0,58	0,46	0,87	2,15	2,54	2,74	2,16	1,47	1,19	0,89	0,75	0,69	0,51	5,58
1986	0,58	0,33	0,49	2,31	1,72	1,58	1,80	1,36	0,93	0,86	0,62	0,49	0,69	12,18
1987	0,58	0,54	0,85	2,50	2,21	2,75	2,26	1,79	1,20	0,91	0,67	0,52	0,53	7,14
1988	0,58	0,64	0,73	1,26	0,90	2,17	1,90	1,00	0,72	0,79	0,69	0,57	0,56	17,38
1989	0,58	0,60	0,96	2,24	1,73	1,89	1,42	1,23	1,05	0,73	0,69	0,69	0,62	12,16
1990	0,58	0,38	0,60	0,78	3,87	2,41	2,56	2,04	1,27	0,98	0,79	0,60	0,67	2,62
1991	0,58	0,58	0,87	1,80	3,37	3,43	1,93	1,85	1,36	0,99	0,75	0,65	0,96	3,94
1992	0,58	0,57	1,00	2,90	2,37	3,05	1,81	1,78	1,10	1,12	0,75	0,61	0,75	8,05
1993	0,58	0,46	0,65	1,16	3,19	1,49	2,81	1,51	1,47	1,03	0,75	0,58	0,47	4,32
1994	0,58	0,40	0,62	2,07	1,70	2,38	2,48	1,65	1,19	0,89	0,67	0,51	0,57	9,62
1995	0,58	0,76	1,36	2,63	2,41	2,72	2,10	1,32	1,08	0,81	0,67	0,56	0,69	6,94
1996	0,58	0,47	1,88	3,20	4,77	3,13	3,17	2,73	1,78	1,59	1,08	0,81	1,06	4,26
1997	0,58	0,57	0,83	1,40	1,72	1,91	0,93	0,77	0,81	0,56	0,42	0,40	0,31	15,53
1998	0,58	0,66	1,24	1,46	1,75	1,41	2,52	1,16	0,79	0,65	0,51	0,39	0,35	11,36
1999	0,58	0,44	1,17	1,65	3,21	2,66	2,44	1,50	0,99	0,79	0,65	0,58	0,64	2,86
2000	0,58	0,39	1,23	1,74	1,94	1,14	1,26	0,75	0,64	0,47	0,37	0,39	0,37	14,56
2001	0,58	0,58	1,02	2,14	2,35	3,14	1,68	1,09	0,83	0,65	0,53	0,43	0,59	8,62
2002														
2003	0,58	0,36	0,78	1,18	2,08	2,65	1,50	1,38	1,00	0,79	0,72	0,51	0,39	10,04
2004	0,58	0,45	0,55	1,55	2,68	2,27	2,42	1,46	1,28	0,97	0,70	0,54	0,65	5,13
2005	0,58	0,35	1,08	1,41	1,26	1,39	1,70	1,08	0,74	0,61	0,46	0,40	0,47	16,13
2006	0,58	0,58	1,17	1,85	3,34	2,06	1,21	1,16	0,83	0,64	0,53	0,40	0,31	6,10
2007	0,58	0,48	0,63	0,82	1,47	2,01	2,40	1,72	0,97	0,82	0,60	0,58	0,71	12,67
2008	0,58	0,40	0,75	2,35	2,39	2,84	2,28	1,43	0,99	1,02	0,69	0,58	0,62	6,51
2009	0,58	1,04	0,87	2,81	1,78	1,38	2,30	1,33	0,98	0,73	0,56	0,43	0,47	11,92
2010	0,58	0,72	1,70	1,84	1,98	1,24	2,23	1,33	0,83	0,70	0,52	0,41	0,33	10,54
2011	0,58	0,70	1,61	4,56	4,77	2,43	2,25	1,81	1,46	1,28	0,86	0,65	0,61	7,73
2012	0,58	0,39	0,90	0,79	1,46	1,07	1,49	1,13	0,91	0,71	0,53	0,40	0,43	16,97
2013	0,58	0,67	0,71	1,42	0,92	0,65	0,51	0,52	0,36	0,29	0,30	0,22	0,17	27,96
2014	0,58	0,49	0,87	0,75	0,67	1,09	1,30	0,70	0,55	0,45	0,33	0,25	0,42	25,05
Observado	0,71	0,50	1,20	1,93	4,67	2,52	2,95	1,85	1,35	0,99	0,81	0,71	0,47	
Mediana		0,54	0,87	1,84	2,35	2,17	2,10	1,38	0,99	0,82	0,67	0,55	0,57	
Erro		0,03	-0,33	-0,09	-2,33	-0,35	-0,85	-0,46	-0,36	-0,17	-0,14	-0,16	0,47	
Simul.Hist		0,36	0,87	1,80	2,57	1,30	1,69	1,11	0,80	0,82	0,57	0,53	0,39	
Erro Modelo		-29%	-27%	-7%	-45%	-48%	-43%	-40%	-41%	-18%	-30%	-26%	-17%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



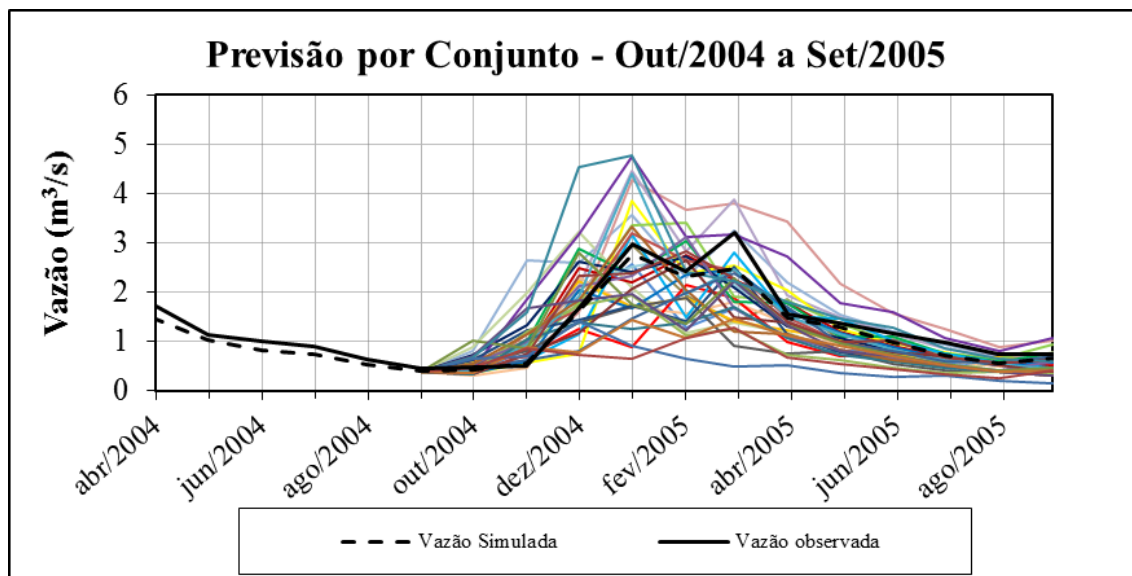
Área da bacia	113	km ²	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
			set/03	out/03	nov/03	dez/03	jan/04	fev/04	mar/04	abr/04	mai/04	jun/04	jul/04	
1979	0,46	0,48	1,03	1,99	2,95	1,93	1,39	1,85	1,01	1,04	0,71	0,55	0,54	1,43
1980	0,46	0,32	0,84	1,77	2,54	1,29	1,67	1,10	0,80	0,81	0,57	0,52	0,39	3,18
1981	0,46	0,79	2,60	2,59	3,56	2,29	3,24	2,20	1,55	1,21	0,94	0,71	0,62	5,76
1982	0,46	0,68	0,66	1,58	4,25	3,66	3,79	3,42	2,17	1,56	1,26	0,89	1,03	10,08
1983	0,46	0,85	1,97	3,21	2,10	1,18	1,38	1,18	0,82	0,61	0,48	0,55	0,77	8,08
1984	0,46	0,52	0,88	2,10	4,43	2,81	3,86	1,93	1,50	1,15	0,86	0,68	0,75	5,29
1985	0,46	0,42	0,84	2,12	2,51	2,71	2,14	1,46	1,18	0,88	0,74	0,69	0,51	0,48
1986	0,46	0,29	0,46	2,27	1,70	1,56	1,79	1,35	0,92	0,85	0,62	0,48	0,69	4,01
1987	0,46	0,49	0,82	2,47	2,19	2,73	2,24	1,78	1,19	0,90	0,67	0,52	0,53	1,25
1988	0,46	0,59	0,71	1,23	0,88	2,14	1,89	0,99	0,71	0,78	0,68	0,56	0,55	6,06
1989	0,46	0,55	0,93	2,20	1,70	1,87	1,41	1,22	1,04	0,72	0,68	0,69	0,62	3,62
1990	0,46	0,34	0,57	0,76	3,82	2,38	2,54	2,03	1,26	0,97	0,79	0,60	0,67	2,24
1991	0,46	0,53	0,84	1,77	3,33	3,40	1,92	1,83	1,35	0,98	0,75	0,65	0,95	1,05
1992	0,46	0,52	0,97	2,86	2,35	3,02	1,79	1,76	1,10	1,11	0,75	0,61	0,75	2,03
1993	0,46	0,42	0,62	1,14	3,15	1,48	2,79	1,50	1,46	1,03	0,74	0,57	0,47	2,59
1994	0,46	0,36	0,60	2,03	1,67	2,35	2,46	1,63	1,18	0,88	0,66	0,51	0,57	2,22
1995	0,46	0,70	1,32	2,59	2,39	2,70	2,08	1,31	1,07	0,80	0,66	0,55	0,69	1,65
1996	0,46	0,43	1,83	3,16	4,74	3,11	3,16	2,72	1,77	1,59	1,08	0,81	1,06	9,09
1997	0,46	0,52	0,80	1,37	1,70	1,89	0,92	0,76	0,80	0,56	0,41	0,40	0,31	5,71
1998	0,46	0,61	1,20	1,43	1,73	1,39	2,49	1,15	0,78	0,65	0,50	0,38	0,34	4,49
1999	0,46	0,40	1,13	1,63	3,18	2,64	2,42	1,49	0,99	0,78	0,65	0,57	0,64	0,38
2000	0,46	0,35	1,19	1,71	1,92	1,13	1,25	0,74	0,63	0,47	0,37	0,38	0,36	6,47
2001	0,46	0,54	0,99	2,11	2,32	3,11	1,67	1,08	0,83	0,64	0,52	0,42	0,59	1,86
2002	0,46	0,41	0,92	1,89	4,38	1,96	2,45	1,51	1,14	0,85	0,63	0,55	0,44	2,73
2003														
2004	0,46	0,41	0,53	1,52	2,64	2,25	2,40	1,45	1,27	0,96	0,70	0,54	0,65	0,78
2005	0,46	0,31	1,04	1,38	1,24	1,37	1,69	1,07	0,73	0,60	0,46	0,39	0,46	6,27
2006	0,46	0,53	1,14	1,82	3,31	2,04	1,20	1,15	0,83	0,63	0,53	0,39	0,30	2,40
2007	0,46	0,44	0,60	0,81	1,45	1,99	2,38	1,70	0,96	0,82	0,60	0,57	0,70	4,18
2008	0,46	0,36	0,72	2,32	2,36	2,82	2,27	1,42	0,98	1,01	0,68	0,58	0,62	0,93
2009	0,46	0,98	0,84	2,77	1,76	1,36	2,28	1,32	0,97	0,73	0,55	0,43	0,46	5,19
2010	0,46	0,67	1,66	1,82	1,96	1,22	2,21	1,32	0,82	0,70	0,52	0,40	0,32	4,47
2011	0,46	0,65	1,57	4,51	4,74	2,41	2,23	1,80	1,45	1,27	0,85	0,65	0,60	11,37
2012	0,46	0,35	0,87	0,77	1,43	1,06	1,47	1,12	0,90	0,70	0,52	0,39	0,42	7,38
2013	0,46	0,62	0,68	1,39	0,90	0,64	0,50	0,51	0,36	0,28	0,30	0,21	0,17	14,99
2014	0,46	0,45	0,84	0,73	0,66	1,07	1,28	0,69	0,55	0,44	0,33	0,25	0,41	12,25
Observado	0,47	0,35	0,93	1,77	2,99	2,72	2,20	1,72	1,13	1,00	0,89	0,64	0,45	
Mediana		0,49	0,87	1,82	2,35	2,04	2,14	1,42	0,99	0,82	0,66	0,55	0,57	
Erro		0,14	-0,06	0,05	-0,64	-0,68	-0,06	-0,30	-0,14	-0,18	-0,23	-0,09	0,47	
Simul.Hist		0,32	0,84	1,77	2,54	1,29	1,67	1,10	0,80	0,81	0,57	0,52	0,39	
Erro Modelo		-10%	-9%	0%	-15%	-53%	-24%	-36%	-30%	-19%	-37%	-18%	-13%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



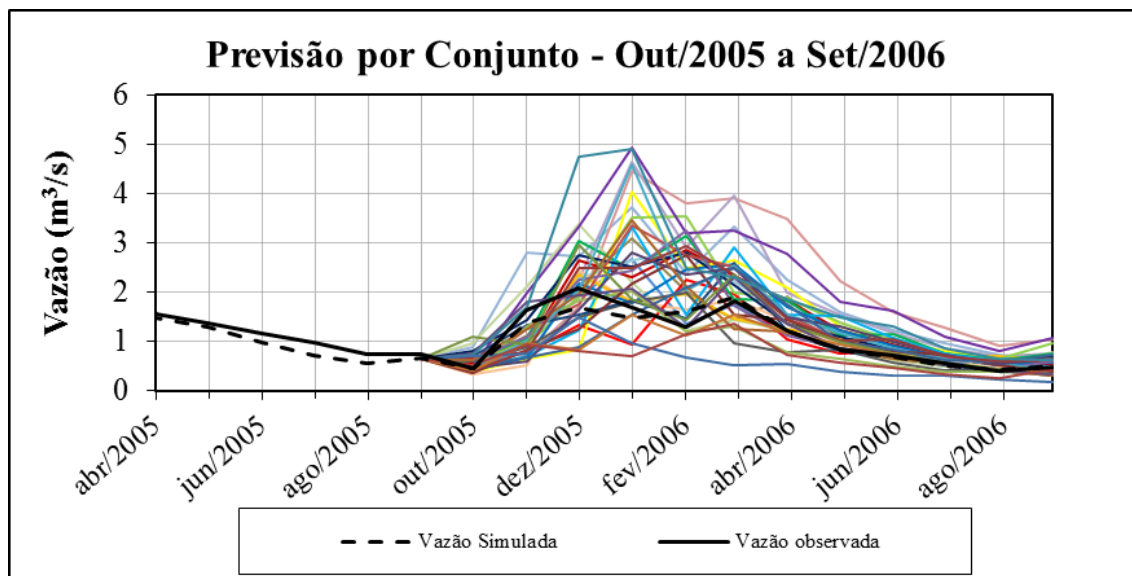
Área da bacia	113	km ²	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
			set/04	out/04	nov/04	dez/04	jan/05	fev/05	mar/05	abr/05	mai/05	jun/05	jul/05	
1979	0,41	0,50	1,05	2,01	2,97	1,94	1,40	1,86	1,01	1,04	0,71	0,56	0,54	4,27
1980	0,41	0,34	0,86	1,79	2,56	1,30	1,68	1,11	0,80	0,81	0,57	0,53	0,39	4,94
1981	0,41	0,82	2,64	2,61	3,58	2,30	3,25	2,21	1,56	1,21	0,94	0,71	0,62	6,39
1982	0,41	0,71	0,68	1,59	4,28	3,68	3,80	3,43	2,18	1,57	1,27	0,89	1,03	8,15
1983	0,41	0,88	2,00	3,24	2,11	1,18	1,38	1,19	0,82	0,61	0,48	0,55	0,77	11,51
1984	0,41	0,55	0,90	2,12	4,46	2,83	3,87	1,94	1,50	1,16	0,86	0,68	0,75	3,35
1985	0,41	0,44	0,86	2,14	2,53	2,73	2,15	1,47	1,18	0,88	0,75	0,69	0,51	1,99
1986	0,41	0,31	0,48	2,30	1,71	1,57	1,80	1,36	0,92	0,86	0,62	0,49	0,69	5,29
1987	0,41	0,52	0,84	2,49	2,20	2,74	2,25	1,79	1,19	0,91	0,67	0,52	0,53	2,74
1988	0,41	0,62	0,72	1,25	0,89	2,16	1,90	1,00	0,72	0,79	0,69	0,57	0,56	7,42
1989	0,41	0,57	0,95	2,23	1,72	1,88	1,42	1,23	1,04	0,73	0,68	0,69	0,62	6,11
1990	0,41	0,36	0,59	0,77	3,85	2,40	2,55	2,04	1,27	0,98	0,79	0,60	0,67	2,33
1991	0,41	0,56	0,85	1,79	3,36	3,42	1,93	1,84	1,36	0,99	0,75	0,65	0,96	3,13
1992	0,41	0,55	0,99	2,89	2,36	3,04	1,80	1,77	1,10	1,11	0,75	0,61	0,75	4,65
1993	0,41	0,44	0,64	1,15	3,18	1,49	2,81	1,51	1,47	1,03	0,75	0,57	0,47	1,54
1994	0,41	0,38	0,61	2,05	1,69	2,37	2,47	1,64	1,19	0,89	0,66	0,51	0,57	2,68
1995	0,41	0,73	1,35	2,61	2,40	2,71	2,09	1,32	1,07	0,81	0,67	0,56	0,69	3,76
1996	0,41	0,45	1,86	3,18	4,76	3,12	3,17	2,73	1,78	1,59	1,08	0,81	1,06	9,61
1997	0,41	0,55	0,82	1,39	1,71	1,90	0,92	0,76	0,81	0,56	0,41	0,40	0,31	9,22
1998	0,41	0,64	1,23	1,45	1,74	1,40	2,51	1,15	0,79	0,65	0,51	0,39	0,35	4,95
1999	0,41	0,42	1,16	1,64	3,20	2,65	2,43	1,50	0,99	0,78	0,65	0,58	0,64	1,58
2000	0,41	0,37	1,21	1,73	1,93	1,14	1,26	0,75	0,64	0,47	0,37	0,39	0,36	9,42
2001	0,41	0,56	1,01	2,13	2,34	3,13	1,68	1,09	0,83	0,65	0,52	0,42	0,59	4,86
2002	0,41	0,43	0,94	1,91	4,40	1,97	2,47	1,51	1,15	0,85	0,64	0,55	0,44	3,45
2003	0,41	0,34	0,76	1,17	2,07	2,64	1,50	1,38	0,99	0,78	0,71	0,51	0,39	4,69
2004														
2005	0,41	0,33	1,06	1,40	1,25	1,38	1,70	1,08	0,74	0,61	0,46	0,39	0,46	8,16
2006	0,41	0,56	1,16	1,84	3,33	2,05	1,20	1,16	0,83	0,64	0,53	0,40	0,31	5,99
2007	0,41	0,46	0,62	0,82	1,47	2,00	2,39	1,71	0,96	0,82	0,60	0,57	0,70	4,33
2008	0,41	0,38	0,74	2,34	2,38	2,84	2,28	1,43	0,99	1,01	0,69	0,58	0,62	2,23
2009	0,41	1,01	0,86	2,80	1,77	1,37	2,29	1,33	0,97	0,73	0,56	0,43	0,47	5,87
2010	0,41	0,70	1,68	1,83	1,97	1,23	2,22	1,33	0,82	0,70	0,52	0,40	0,33	5,92
2011	0,41	0,68	1,59	4,54	4,76	2,43	2,24	1,81	1,46	1,28	0,85	0,65	0,61	13,73
2012	0,41	0,37	0,88	0,79	1,45	1,07	1,48	1,13	0,91	0,71	0,53	0,40	0,42	9,13
2013	0,41	0,65	0,70	1,41	0,91	0,65	0,50	0,51	0,36	0,28	0,30	0,21	0,17	18,84
2014	0,41	0,47	0,86	0,74	0,66	1,08	1,29	0,69	0,55	0,44	0,33	0,25	0,42	14,53
Observado	0,45	0,48	0,51	1,66	2,98	2,42	3,20	1,57	1,37	1,18	0,98	0,76	0,74	
Mediana		0,52	0,88	1,84	2,34	2,05	2,09	1,38	0,99	0,81	0,66	0,55	0,56	
Erro		0,03	0,38	0,18	-0,64	-0,37	-1,11	-0,19	-0,38	-0,36	-0,32	-0,20	-0,18	
Simul.Hist		0,34	0,86	1,79	2,56	1,30	1,68	1,11	0,80	0,81	0,57	0,53	0,39	
Erro Modelo		-30%	70%	8%	-14%	-46%	-48%	-29%	-42%	-31%	-42%	-31%	-47%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



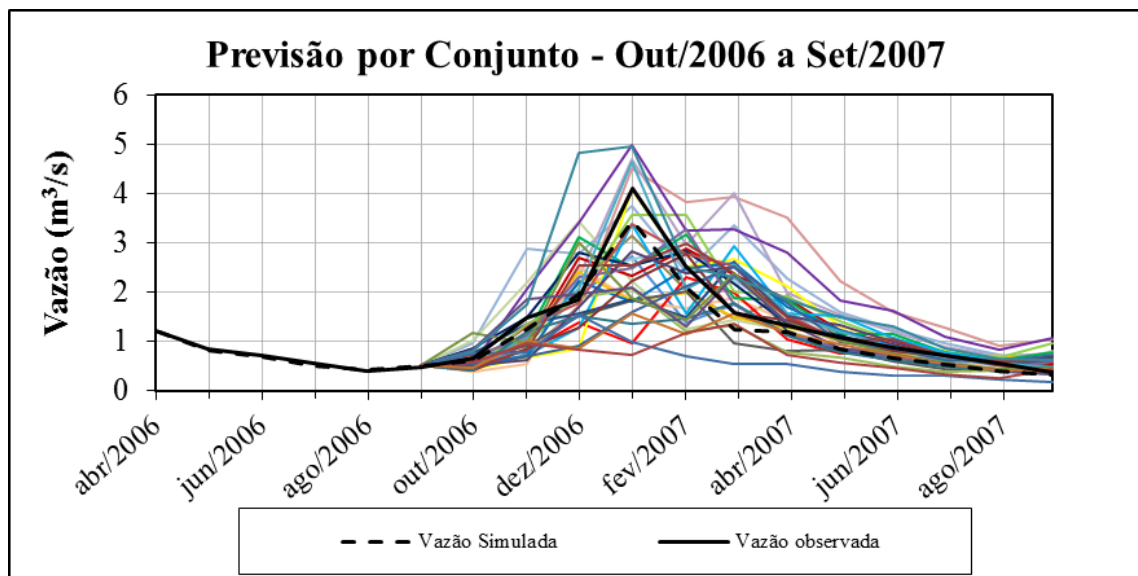
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/05	out/05	nov/05	dez/05	jan/06	fev/06	mar/06	abr/06	mai/06	jun/06	jul/06	ago/06	set/06	
1979	0,66	0,55	1,14	2,13	3,10	2,02	1,45	1,92	1,04	1,08	0,73	0,57	0,56	3,61
1980	0,66	0,37	0,94	1,91	2,69	1,36	1,75	1,15	0,83	0,84	0,59	0,54	0,40	1,57
1981	0,66	0,90	2,81	2,74	3,71	2,38	3,33	2,26	1,59	1,24	0,96	0,73	0,63	11,65
1982	0,66	0,78	0,74	1,70	4,45	3,80	3,90	3,50	2,22	1,60	1,29	0,91	1,05	28,10
1983	0,66	0,96	2,14	3,39	2,20	1,23	1,44	1,23	0,85	0,64	0,49	0,57	0,79	2,74
1984	0,66	0,60	0,98	2,26	4,63	2,92	3,97	1,99	1,54	1,18	0,88	0,70	0,76	17,89
1985	0,66	0,49	0,94	2,27	2,65	2,83	2,22	1,51	1,22	0,91	0,77	0,71	0,53	4,36
1986	0,66	0,34	0,53	2,45	1,80	1,64	1,87	1,41	0,96	0,89	0,64	0,50	0,71	1,68
1987	0,66	0,57	0,91	2,64	2,31	2,85	2,33	1,84	1,23	0,93	0,69	0,54	0,54	4,51
1988	0,66	0,68	0,79	1,34	0,95	2,27	1,97	1,04	0,75	0,82	0,71	0,59	0,57	2,99
1989	0,66	0,63	1,03	2,36	1,80	1,97	1,48	1,27	1,08	0,75	0,71	0,71	0,64	1,27
1990	0,66	0,40	0,65	0,84	4,04	2,49	2,64	2,10	1,30	1,00	0,81	0,62	0,69	11,32
1991	0,66	0,61	0,93	1,91	3,51	3,54	1,99	1,90	1,39	1,02	0,77	0,67	0,98	10,12
1992	0,66	0,61	1,08	3,05	2,47	3,15	1,86	1,82	1,13	1,14	0,77	0,63	0,77	6,14
1993	0,66	0,48	0,70	1,24	3,33	1,56	2,90	1,56	1,51	1,06	0,77	0,59	0,48	6,22
1994	0,66	0,42	0,67	2,19	1,78	2,47	2,56	1,69	1,23	0,91	0,68	0,53	0,59	3,34
1995	0,66	0,80	1,45	2,76	2,51	2,81	2,16	1,36	1,10	0,83	0,69	0,57	0,71	3,88
1996	0,66	0,50	2,00	3,34	4,92	3,21	3,24	2,79	1,81	1,62	1,10	0,82	1,08	22,79
1997	0,66	0,60	0,89	1,49	1,81	1,99	0,97	0,80	0,84	0,58	0,43	0,41	0,33	2,43
1998	0,66	0,70	1,33	1,54	1,83	1,47	2,60	1,19	0,82	0,67	0,52	0,40	0,36	1,12
1999	0,66	0,46	1,26	1,75	3,35	2,75	2,51	1,54	1,02	0,81	0,67	0,59	0,65	5,80
2000	0,66	0,41	1,31	1,84	2,03	1,20	1,31	0,78	0,66	0,49	0,39	0,40	0,38	0,88
2001	0,66	0,62	1,09	2,26	2,45	3,25	1,74	1,13	0,86	0,67	0,54	0,44	0,61	4,81
2002	0,66	0,47	1,02	2,04	4,58	2,05	2,54	1,56	1,18	0,87	0,66	0,56	0,45	10,04
2003	0,66	0,38	0,84	1,26	2,19	2,76	1,56	1,43	1,03	0,81	0,74	0,53	0,40	3,93
2004	0,66	0,48	0,60	1,66	2,80	2,36	2,50	1,51	1,32	1,00	0,72	0,56	0,67	4,53
2005														
2006	0,66	0,62	1,26	1,95	3,47	2,13	1,25	1,20	0,86	0,66	0,55	0,41	0,32	4,41
2007	0,66	0,51	0,68	0,89	1,56	2,10	2,48	1,77	1,00	0,85	0,62	0,59	0,72	3,91
2008	0,66	0,42	0,81	2,49	2,49	2,94	2,35	1,47	1,02	1,04	0,71	0,60	0,63	4,80
2009	0,66	1,10	0,93	2,95	1,85	1,43	2,37	1,37	1,00	0,76	0,57	0,44	0,48	2,07
2010	0,66	0,76	1,81	1,94	2,07	1,29	2,30	1,37	0,85	0,73	0,54	0,42	0,34	0,54
2011	0,66	0,74	1,72	4,74	4,91	2,50	2,30	1,85	1,49	1,30	0,87	0,66	0,62	20,49
2012	0,66	0,41	0,97	0,85	1,54	1,13	1,55	1,17	0,94	0,73	0,55	0,41	0,44	2,12
2013	0,66	0,71	0,76	1,51	0,97	0,69	0,54	0,54	0,38	0,30	0,32	0,23	0,18	4,78
2014	0,66	0,52	0,94	0,80	0,71	1,15	1,36	0,73	0,58	0,47	0,34	0,27	0,43	3,82
Observado	0,74	0,46	1,65	2,08	1,70	1,29	1,83	1,22	0,86	0,71	0,57	0,42	0,48	
Mediana		0,57	0,94	1,95	2,47	2,27	2,22	1,47	1,03	0,85	0,69	0,57	0,59	
Erro		0,11	-0,71	-0,13	0,77	0,98	0,40	0,25	0,17	0,14	0,12	0,15	0,48	
Simul.Hist		0,37	0,94	1,91	2,69	1,36	1,75	1,15	0,83	0,84	0,59	0,54	0,40	
Erro Modelo		-19%	-43%	-8%	58%	6%	-4%	-6%	-3%	18%	4%	31%	-15%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



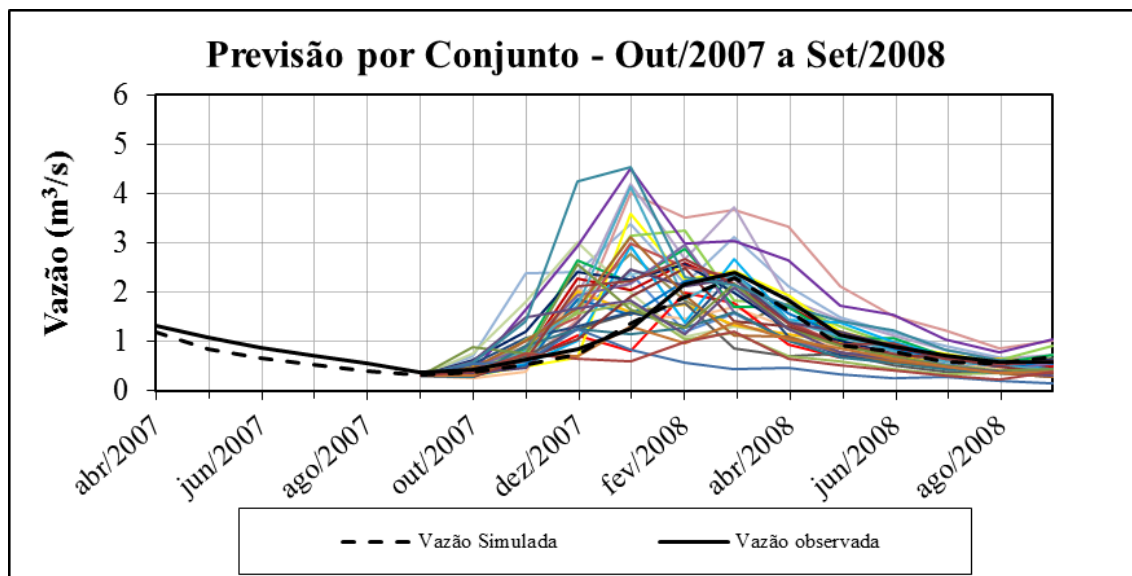
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/06	out/06	nov/06	dez/06	jan/07	fev/07	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	
1979	0,51	0,61	1,18	2,18	3,14	2,05	1,47	1,94	1,05	1,09	0,74	0,58	0,56	1,81
1980	0,51	0,42	0,98	1,95	2,73	1,38	1,77	1,17	0,84	0,85	0,60	0,55	0,41	3,68
1981	0,51	0,97	2,88	2,78	3,76	2,41	3,36	2,27	1,60	1,25	0,96	0,73	0,64	7,69
1982	0,51	0,85	0,77	1,74	4,51	3,83	3,93	3,52	2,23	1,61	1,30	0,91	1,05	15,50
1983	0,51	1,03	2,19	3,44	2,23	1,25	1,45	1,24	0,86	0,64	0,50	0,57	0,80	8,68
1984	0,51	0,66	1,01	2,30	4,69	2,95	4,00	2,00	1,55	1,19	0,88	0,70	0,77	7,81
1985	0,51	0,54	0,98	2,32	2,69	2,87	2,25	1,53	1,23	0,92	0,77	0,71	0,53	3,18
1986	0,51	0,39	0,56	2,51	1,83	1,67	1,89	1,42	0,97	0,90	0,65	0,51	0,72	7,50
1987	0,51	0,62	0,95	2,69	2,34	2,88	2,35	1,86	1,24	0,94	0,70	0,54	0,55	5,17
1988	0,51	0,74	0,82	1,38	0,97	2,30	2,00	1,05	0,76	0,83	0,72	0,59	0,58	10,94
1989	0,51	0,69	1,07	2,41	1,83	2,00	1,49	1,29	1,09	0,76	0,71	0,72	0,65	6,03
1990	0,51	0,45	0,68	0,87	4,10	2,52	2,67	2,12	1,32	1,01	0,82	0,62	0,69	3,66
1991	0,51	0,67	0,97	1,95	3,56	3,58	2,01	1,91	1,41	1,02	0,78	0,67	0,98	2,72
1992	0,51	0,66	1,12	3,11	2,50	3,18	1,88	1,84	1,14	1,15	0,78	0,63	0,77	5,32
1993	0,51	0,54	0,73	1,28	3,38	1,58	2,93	1,57	1,53	1,07	0,78	0,60	0,49	4,49
1994	0,51	0,47	0,71	2,24	1,81	2,50	2,59	1,71	1,24	0,92	0,69	0,53	0,59	7,32
1995	0,51	0,87	1,50	2,81	2,54	2,84	2,18	1,38	1,12	0,84	0,69	0,58	0,71	3,98
1996	0,51	0,55	2,06	3,40	4,97	3,24	3,27	2,80	1,82	1,63	1,11	0,83	1,08	10,89
1997	0,51	0,66	0,93	1,52	1,84	2,02	0,98	0,81	0,85	0,59	0,44	0,42	0,33	6,67
1998	0,51	0,76	1,37	1,58	1,87	1,49	2,63	1,21	0,83	0,68	0,53	0,40	0,36	7,48
1999	0,51	0,51	1,30	1,79	3,39	2,79	2,54	1,56	1,03	0,82	0,68	0,60	0,66	1,71
2000	0,51	0,46	1,36	1,88	2,06	1,21	1,33	0,79	0,67	0,50	0,39	0,41	0,38	6,75
2001	0,51	0,68	1,14	2,31	2,49	3,28	1,75	1,14	0,87	0,68	0,55	0,44	0,61	3,79
2002	0,51	0,53	1,06	2,08	4,64	2,07	2,57	1,57	1,19	0,88	0,66	0,57	0,46	1,80
2003	0,51	0,42	0,88	1,29	2,22	2,79	1,57	1,45	1,04	0,82	0,75	0,53	0,40	4,38
2004	0,51	0,53	0,63	1,70	2,84	2,39	2,53	1,52	1,33	1,01	0,73	0,56	0,67	3,50
2005	0,51	0,41	1,21	1,53	1,35	1,48	1,79	1,14	0,78	0,64	0,49	0,42	0,49	9,25
2006														
2007	0,51	0,56	0,71	0,91	1,59	2,13	2,51	1,79	1,01	0,86	0,63	0,60	0,73	9,20
2008	0,51	0,47	0,84	2,54	2,53	2,98	2,38	1,49	1,03	1,05	0,71	0,60	0,64	4,38
2009	0,51	1,18	0,96	3,01	1,88	1,45	2,40	1,38	1,01	0,76	0,58	0,45	0,48	8,69
2010	0,51	0,83	1,86	1,98	2,10	1,31	2,33	1,39	0,86	0,73	0,55	0,42	0,34	6,37
2011	0,51	0,81	1,77	4,81	4,96	2,52	2,32	1,86	1,50	1,31	0,88	0,67	0,62	10,89
2012	0,51	0,46	1,01	0,87	1,57	1,15	1,57	1,19	0,96	0,74	0,55	0,42	0,44	9,67
2013	0,51	0,77	0,80	1,54	0,99	0,70	0,55	0,55	0,39	0,31	0,33	0,23	0,18	16,37
2014	0,51	0,57	0,98	0,83	0,73	1,17	1,38	0,74	0,59	0,47	0,35	0,27	0,44	15,59
Observado	0,48	0,68	1,48	1,85	4,11	2,52	1,57	1,33	1,08	0,87	0,73	0,57	0,37	
Mediana	0,61	0,98	1,98	2,49	2,30	2,25	1,49	1,04	0,86	0,69	0,57	0,57	0,59	
Erro		-0,07	-0,49	0,12	-1,62	-0,22	0,67	0,15	-0,04	-0,01	-0,04	0,00	0,49	
Simul.Hist		0,42	0,98	1,95	2,73	1,38	1,77	1,17	0,84	0,85	0,60	0,55	0,41	
Erro Modelo		-38%	-33%	5%	-34%	-45%	12%	-12%	-22%	-2%	-18%	-4%	10%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



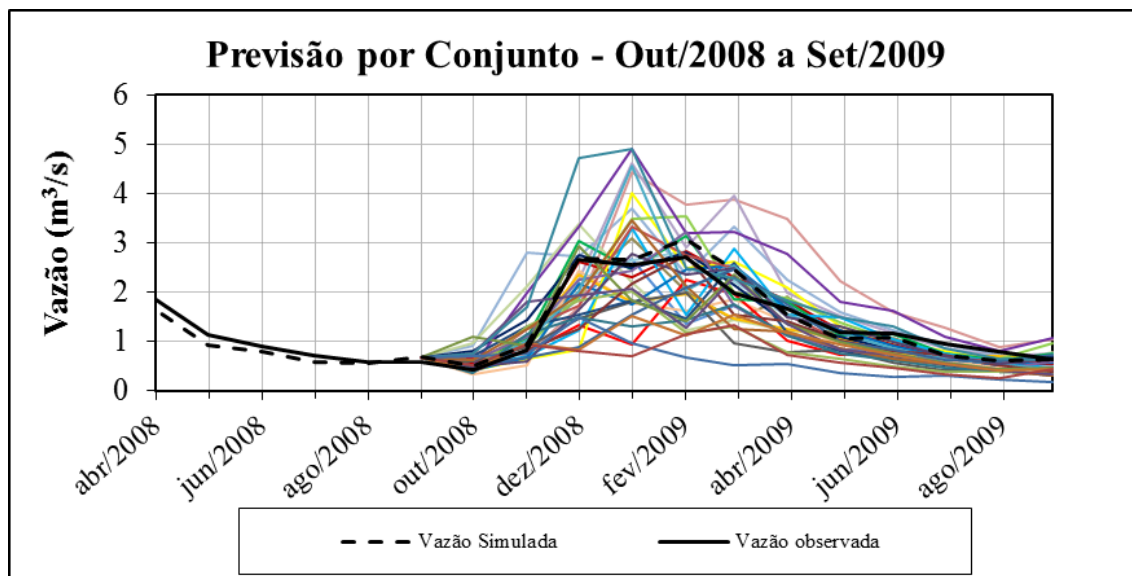
Área da bacia	113	km2	Previsão de Vazões (m ³ /s)											
mês	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	abr/08	mai/08	jun/08	jul/08	ago/08	set/08	Erro
1979	0,32	0,43	0,92	1,83	2,78	1,83	1,32	1,77	0,96	1,00	0,68	0,53	0,52	4,60
1980	0,32	0,28	0,74	1,62	2,38	1,21	1,58	1,05	0,76	0,77	0,54	0,50	0,37	4,29
1981	0,32	0,71	2,39	2,42	3,38	2,19	3,12	2,13	1,50	1,17	0,91	0,69	0,60	10,87
1982	0,32	0,61	0,59	1,44	4,02	3,51	3,67	3,32	2,12	1,52	1,23	0,87	1,01	15,40
1983	0,32	0,76	1,80	3,01	1,98	1,11	1,31	1,13	0,78	0,58	0,45	0,53	0,75	9,75
1984	0,32	0,47	0,78	1,93	4,20	2,69	3,73	1,87	1,45	1,12	0,83	0,66	0,73	11,95
1985	0,32	0,37	0,75	1,94	2,36	2,57	2,05	1,40	1,13	0,84	0,71	0,66	0,49	2,88
1986	0,32	0,26	0,41	2,08	1,58	1,46	1,69	1,28	0,87	0,81	0,59	0,46	0,66	3,13
1987	0,32	0,44	0,73	2,27	2,05	2,59	2,15	1,71	1,14	0,87	0,64	0,50	0,51	2,94
1988	0,32	0,53	0,62	1,12	0,81	2,00	1,79	0,94	0,67	0,74	0,65	0,54	0,53	1,78
1989	0,32	0,49	0,83	2,03	1,59	1,76	1,34	1,16	0,99	0,69	0,65	0,66	0,60	3,37
1990	0,32	0,31	0,50	0,68	3,58	2,26	2,43	1,95	1,21	0,93	0,76	0,58	0,65	5,38
1991	0,32	0,48	0,74	1,62	3,14	3,25	1,83	1,76	1,30	0,95	0,72	0,63	0,92	5,71
1992	0,32	0,47	0,86	2,65	2,21	2,88	1,71	1,69	1,05	1,07	0,72	0,59	0,73	5,23
1993	0,32	0,37	0,55	1,03	2,95	1,39	2,66	1,44	1,40	0,99	0,72	0,55	0,45	3,74
1994	0,32	0,32	0,53	1,86	1,56	2,22	2,35	1,56	1,13	0,85	0,63	0,49	0,55	1,24
1995	0,32	0,63	1,19	2,40	2,25	2,57	1,99	1,26	1,02	0,77	0,64	0,53	0,67	4,42
1996	0,32	0,38	1,66	2,95	4,52	2,98	3,05	2,64	1,73	1,55	1,05	0,79	1,04	18,84
1997	0,32	0,47	0,71	1,25	1,58	1,77	0,86	0,71	0,76	0,53	0,39	0,38	0,30	4,55
1998	0,32	0,55	1,08	1,31	1,61	1,30	2,37	1,09	0,74	0,61	0,48	0,37	0,33	2,22
1999	0,32	0,35	1,01	1,49	2,99	2,51	2,32	1,43	0,95	0,75	0,62	0,55	0,62	3,85
2000	0,32	0,31	1,06	1,57	1,79	1,06	1,17	0,70	0,59	0,44	0,35	0,36	0,34	5,75
2001	0,32	0,48	0,88	1,94	2,18	2,96	1,59	1,03	0,79	0,61	0,50	0,40	0,57	4,29
2002	0,32	0,36	0,82	1,74	4,15	1,86	2,35	1,45	1,10	0,81	0,61	0,53	0,43	9,33
2003	0,32	0,29	0,66	1,05	1,91	2,48	1,41	1,30	0,94	0,74	0,68	0,49	0,37	1,94
2004	0,32	0,37	0,46	1,38	2,47	2,12	2,29	1,39	1,22	0,92	0,67	0,52	0,62	1,98
2005	0,32	0,28	0,92	1,26	1,15	1,27	1,59	1,02	0,69	0,57	0,43	0,37	0,44	2,86
2006	0,32	0,48	1,02	1,67	3,11	1,93	1,13	1,10	0,79	0,60	0,50	0,38	0,29	6,76
2007														
2008	0,32	0,32	0,63	2,13	2,22	2,68	2,17	1,36	0,94	0,97	0,66	0,56	0,59	3,15
2009	0,32	0,88	0,76	2,57	1,65	1,28	2,17	1,26	0,93	0,70	0,53	0,41	0,45	4,67
2010	0,32	0,60	1,50	1,68	1,83	1,15	2,10	1,26	0,78	0,67	0,50	0,38	0,31	3,54
2011	0,32	0,58	1,42	4,24	4,54	2,32	2,15	1,74	1,41	1,24	0,83	0,63	0,59	23,06
2012	0,32	0,32	0,77	0,70	1,32	0,98	1,38	1,05	0,85	0,66	0,49	0,37	0,40	3,36
2013	0,32	0,55	0,61	1,26	0,83	0,59	0,46	0,47	0,33	0,26	0,28	0,20	0,15	10,10
2014	0,32	0,40	0,75	0,66	0,59	0,99	1,20	0,65	0,51	0,41	0,30	0,23	0,39	5,73
Observado	0,37	0,44	0,65	0,84	1,28	2,16	2,40	1,84	1,14	0,90	0,72	0,59	0,58	
Mediana	0,44	0,77	1,68	2,21	2,00	1,99	1,30	0,95	0,77	0,64	0,53	0,53	0,53	
Erro		0,00	0,12	0,84	0,92	-0,16	-0,40	-0,53	-0,20	-0,13	-0,08	-0,06	0,45	
Simul.Hist		0,28	0,74	1,62	2,38	1,21	1,58	1,05	0,76	0,77	0,54	0,50	0,37	
Erro Modelo		-35%	15%	92%	86%	-44%	-34%	-43%	-34%	-15%	-25%	-15%	-36%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



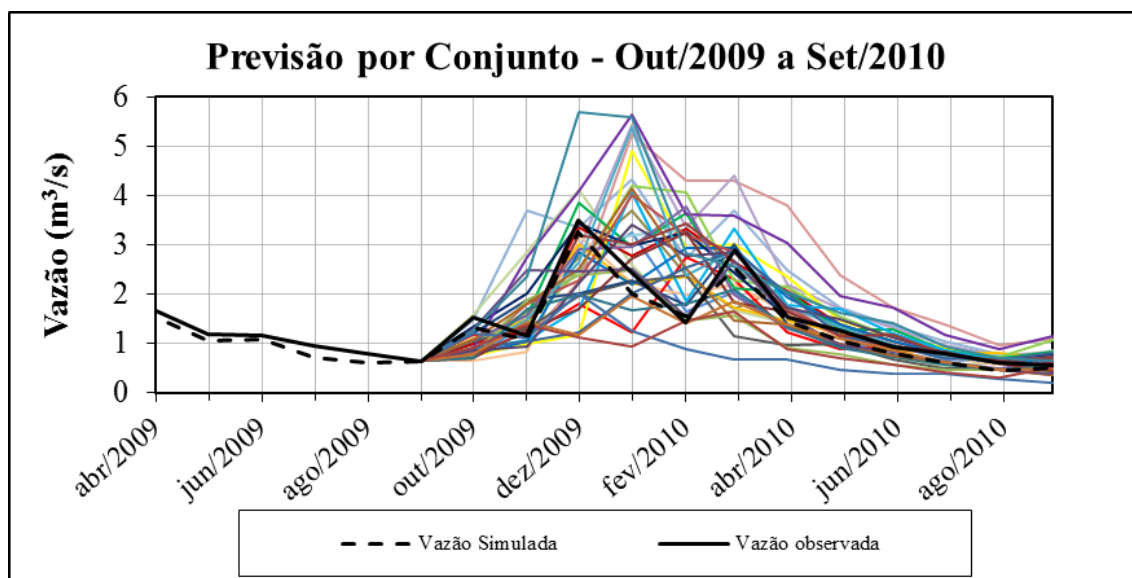
mês	Área da bacia 113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	set/08	out/08	nov/08	dez/08	jan/09	fev/09	mar/09	abr/09	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	
1979	0,68	0,56	1,14	2,12	3,09	2,01	1,45	1,91	1,04	1,07	0,73	0,57	0,56	1,64
1980	0,68	0,38	0,94	1,90	2,68	1,35	1,74	1,15	0,83	0,84	0,59	0,54	0,40	3,28
1981	0,68	0,91	2,80	2,73	3,70	2,37	3,33	2,25	1,59	1,24	0,96	0,73	0,63	7,84
1982	0,68	0,79	0,74	1,70	4,44	3,79	3,89	3,49	2,22	1,59	1,29	0,90	1,05	14,20
1983	0,68	0,97	2,13	3,38	2,19	1,23	1,43	1,22	0,85	0,63	0,49	0,57	0,79	6,01
1984	0,68	0,61	0,97	2,25	4,62	2,91	3,96	1,98	1,53	1,18	0,88	0,70	0,76	8,67
1985	0,68	0,50	0,94	2,26	2,64	2,82	2,22	1,51	1,22	0,91	0,77	0,71	0,53	0,39
1986	0,68	0,35	0,53	2,44	1,80	1,64	1,86	1,40	0,95	0,88	0,64	0,50	0,71	2,29
1987	0,68	0,58	0,91	2,63	2,30	2,84	2,32	1,84	1,23	0,93	0,69	0,53	0,54	0,45
1988	0,68	0,69	0,79	1,34	0,95	2,26	1,97	1,03	0,74	0,82	0,71	0,58	0,57	5,45
1989	0,68	0,64	1,03	2,35	1,80	1,96	1,47	1,27	1,08	0,75	0,70	0,71	0,64	1,99
1990	0,68	0,41	0,65	0,84	4,02	2,48	2,63	2,09	1,30	1,00	0,81	0,62	0,69	6,24
1991	0,68	0,62	0,93	1,90	3,50	3,53	1,98	1,89	1,39	1,01	0,77	0,67	0,97	2,41
1992	0,68	0,61	1,07	3,04	2,46	3,14	1,86	1,82	1,13	1,14	0,77	0,63	0,77	0,54
1993	0,68	0,49	0,70	1,24	3,32	1,55	2,89	1,55	1,51	1,06	0,77	0,59	0,48	5,02
1994	0,68	0,43	0,67	2,18	1,77	2,46	2,55	1,69	1,22	0,91	0,68	0,53	0,59	1,47
1995	0,68	0,81	1,45	2,75	2,50	2,80	2,15	1,36	1,10	0,83	0,68	0,57	0,71	0,91
1996	0,68	0,51	2,00	3,33	4,91	3,20	3,24	2,78	1,81	1,62	1,10	0,82	1,08	11,18
1997	0,68	0,61	0,89	1,48	1,80	1,98	0,96	0,79	0,84	0,58	0,43	0,41	0,32	5,30
1998	0,68	0,71	1,32	1,54	1,83	1,47	2,59	1,19	0,81	0,67	0,52	0,40	0,36	5,07
1999	0,68	0,47	1,25	1,74	3,33	2,74	2,50	1,54	1,02	0,81	0,67	0,59	0,65	2,18
2000	0,68	0,42	1,31	1,84	2,02	1,19	1,31	0,78	0,66	0,49	0,39	0,40	0,38	6,05
2001	0,68	0,63	1,09	2,25	2,44	3,24	1,73	1,13	0,86	0,67	0,54	0,44	0,61	1,57
2002	0,68	0,48	1,02	2,03	4,56	2,04	2,54	1,55	1,18	0,87	0,65	0,56	0,45	5,50
2003	0,68	0,39	0,84	1,25	2,18	2,75	1,55	1,43	1,03	0,81	0,74	0,53	0,40	2,68
2004	0,68	0,48	0,60	1,65	2,79	2,35	2,49	1,50	1,31	1,00	0,72	0,56	0,66	1,70
2005	0,68	0,37	1,15	1,49	1,32	1,45	1,76	1,12	0,77	0,63	0,48	0,41	0,48	5,81
2006	0,68	0,63	1,26	1,95	3,46	2,12	1,25	1,20	0,86	0,66	0,55	0,41	0,32	3,42
2007	0,68	0,52	0,68	0,88	1,55	2,09	2,47	1,76	0,99	0,85	0,62	0,59	0,72	5,12
2008														
2009	0,68	1,11	0,93	2,94	1,85	1,43	2,37	1,37	1,00	0,75	0,57	0,44	0,48	3,45
2010	0,68	0,77	1,80	1,93	2,06	1,29	2,30	1,37	0,85	0,72	0,54	0,42	0,34	4,77
2011	0,68	0,75	1,71	4,73	4,90	2,49	2,29	1,85	1,49	1,30	0,87	0,66	0,62	10,94
2012	0,68	0,42	0,97	0,84	1,53	1,12	1,54	1,17	0,94	0,73	0,54	0,41	0,44	7,93
2013	0,68	0,72	0,76	1,50	0,97	0,69	0,53	0,54	0,38	0,30	0,32	0,23	0,18	13,79
2014	0,68	0,53	0,94	0,80	0,71	1,14	1,35	0,72	0,58	0,46	0,34	0,26	0,43	12,21
Observado	0,58	0,44	0,83	2,66	2,56	2,72	1,98	1,67	1,20	1,16	0,95	0,79	0,64	
Mediana		0,58	0,97	1,93	2,44	2,12	2,15	1,43	1,03	0,84	0,68	0,56	0,57	
Erro		0,14	0,13	-0,72	-0,12	-0,59	0,17	-0,25	-0,18	-0,32	-0,26	-0,23	0,48	
Simul.Hist		0,38	0,94	1,90	2,68	1,35	1,74	1,15	0,83	0,84	0,59	0,54	0,40	
Erro Modelo		-12%	13%	-29%	5%	-50%	-12%	-31%	-31%	-28%	-38%	-31%	-37%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



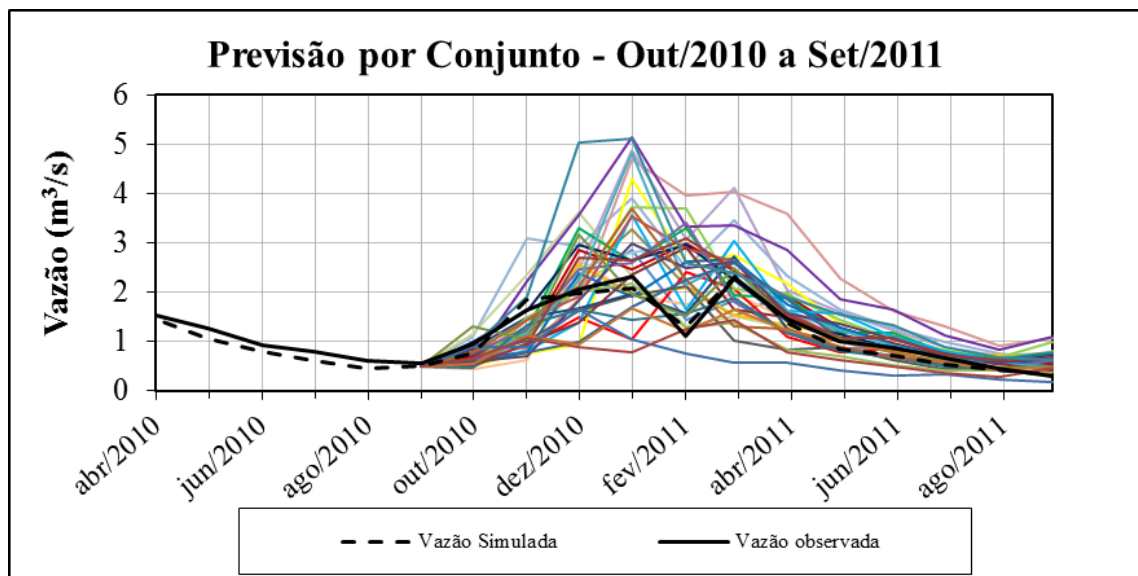
Área da bacia	113	km2	Previsão de Vazões (m ³ /s)											
mês	set/09	out/09	nov/09	dez/09	jan/10	fev/10	mar/10	abr/10	mai/10	jun/10	jul/10	ago/10	set/10	Erro
1979	0,65	0,99	1,65	2,74	3,71	2,37	1,69	2,18	1,18	1,21	0,82	0,64	0,62	5,59
1980	0,65	0,71	1,41	2,50	3,26	1,64	2,06	1,35	0,97	0,97	0,68	0,62	0,46	3,34
1981	0,65	1,48	3,69	3,35	4,32	2,73	3,70	2,48	1,74	1,36	1,04	0,79	0,69	13,74
1982	0,65	1,31	1,10	2,24	5,25	4,31	4,30	3,79	2,40	1,72	1,38	0,97	1,11	27,73
1983	0,65	1,56	2,86	4,12	2,60	1,47	1,67	1,41	0,97	0,73	0,56	0,64	0,88	5,06
1984	0,65	1,05	1,43	2,90	5,43	3,35	4,40	2,20	1,69	1,30	0,96	0,76	0,83	16,52
1985	0,65	0,89	1,40	2,94	3,20	3,31	2,54	1,72	1,38	1,03	0,86	0,79	0,58	5,12
1986	0,65	0,67	0,85	3,20	2,23	2,00	2,20	1,63	1,11	1,02	0,74	0,57	0,80	1,91
1987	0,65	1,00	1,35	3,37	2,79	3,32	2,65	2,07	1,38	1,05	0,77	0,60	0,60	4,42
1988	0,65	1,17	1,18	1,81	1,24	2,77	2,32	1,22	0,88	0,95	0,82	0,67	0,65	6,73
1989	0,65	1,10	1,50	3,02	2,21	2,35	1,73	1,48	1,24	0,87	0,81	0,80	0,72	2,84
1990	0,65	0,76	1,01	1,19	4,91	2,93	3,02	2,37	1,47	1,13	0,91	0,69	0,76	15,23
1991	0,65	1,08	1,38	2,50	4,20	4,07	2,27	2,14	1,56	1,13	0,86	0,74	1,06	12,53
1992	0,65	1,06	1,57	3,84	2,96	3,64	2,13	2,06	1,28	1,28	0,86	0,70	0,84	6,75
1993	0,65	0,88	1,07	1,70	4,05	1,87	3,34	1,78	1,71	1,20	0,86	0,66	0,54	7,07
1994	0,65	0,78	1,05	2,86	2,20	2,94	2,94	1,93	1,39	1,04	0,77	0,60	0,65	3,51
1995	0,65	1,34	2,03	3,45	2,99	3,25	2,45	1,54	1,25	0,94	0,77	0,64	0,78	4,64
1996	0,65	0,90	2,76	4,10	5,65	3,63	3,58	3,03	1,96	1,74	1,18	0,88	1,14	22,94
1997	0,65	1,05	1,32	1,98	2,26	2,39	1,16	0,96	0,99	0,69	0,51	0,49	0,38	7,09
1998	0,65	1,20	1,88	2,02	2,27	1,79	3,01	1,38	0,95	0,78	0,60	0,46	0,41	3,21
1999	0,65	0,85	1,82	2,28	4,01	3,20	2,85	1,74	1,16	0,91	0,75	0,66	0,72	8,09
2000	0,65	0,77	1,90	2,39	2,49	1,46	1,57	0,93	0,79	0,58	0,46	0,47	0,44	4,98
2001	0,65	1,08	1,58	2,90	2,96	3,77	2,00	1,30	0,99	0,77	0,62	0,50	0,68	7,50
2002	0,65	0,86	1,50	2,64	5,38	2,38	2,88	1,76	1,33	0,98	0,73	0,63	0,50	11,02
2003	0,65	0,72	1,27	1,71	2,72	3,26	1,82	1,66	1,19	0,93	0,84	0,60	0,45	8,50
2004	0,65	0,87	0,93	2,22	3,41	2,79	2,87	1,72	1,49	1,13	0,81	0,63	0,74	5,12
2005	0,65	0,70	1,71	1,98	1,69	1,80	2,10	1,33	0,91	0,75	0,57	0,48	0,55	4,87
2006	0,65	1,08	1,81	2,53	4,15	2,51	1,47	1,40	0,99	0,76	0,63	0,47	0,36	7,91
2007	0,65	0,92	1,04	1,24	2,01	2,56	2,89	2,03	1,15	0,98	0,72	0,67	0,81	7,29
2008	0,65	0,78	1,23	3,21	3,02	3,44	2,68	1,67	1,16	1,17	0,79	0,67	0,70	5,19
2009														
2010	0,65	1,29	2,49	2,47	2,52	1,56	2,66	1,57	0,98	0,83	0,62	0,48	0,38	3,10
2011	0,65	1,26	2,37	5,71	5,59	2,83	2,56	2,04	1,63	1,42	0,95	0,72	0,67	19,09
2012	0,65	0,77	1,45	1,18	1,97	1,41	1,87	1,39	1,11	0,86	0,64	0,48	0,51	7,41
2013	0,65	1,21	1,14	2,01	1,25	0,89	0,69	0,69	0,48	0,38	0,40	0,28	0,22	10,86
2014	0,65	0,93	1,38	1,11	0,96	1,47	1,65	0,88	0,71	0,57	0,42	0,32	0,51	10,89
Observado	0,64	1,55	1,17	3,50	2,42	1,44	2,89	1,52	1,26	0,94	0,79	0,62	0,55	
Mediana		0,99	1,43	2,50	2,96	2,73	2,45	1,67	1,18	0,98	0,77	0,64	0,65	
Erro		-0,56	0,26	-1,00	0,54	1,30	-0,44	0,15	-0,08	0,04	-0,02	0,02	0,55	
Simul.Hist		0,71	1,41	2,50	3,26	1,64	2,06	1,35	0,97	0,97	0,68	0,62	0,46	
Erro Modelo		-54%	21%	-29%	35%	14%	-29%	-12%	-23%	3%	-15%	1%	-17%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



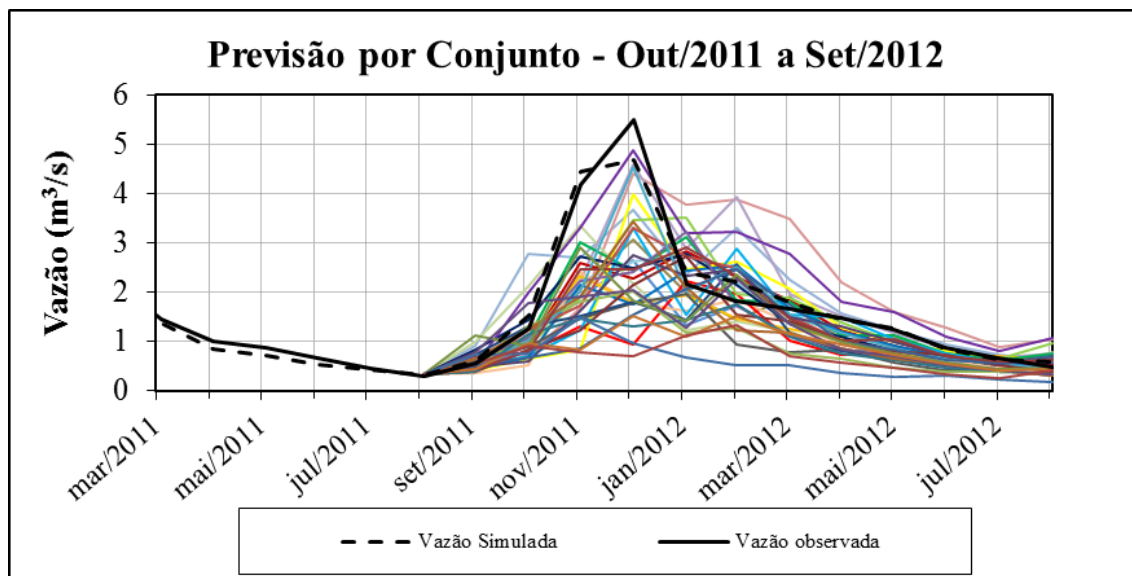
Área da bacia	113	km ²	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
			set/10	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	
1979	0,51	0,70	1,30	2,32	3,29	2,13	1,53	2,00	1,09	1,12	0,76	0,60	0,58	3,33
1980	0,51	0,49	1,09	2,09	2,87	1,45	1,85	1,21	0,88	0,88	0,62	0,57	0,42	1,24
1981	0,51	1,09	3,09	2,93	3,90	2,49	3,45	2,33	1,64	1,28	0,99	0,75	0,65	10,38
1982	0,51	0,96	0,85	1,87	4,70	3,96	4,03	3,59	2,28	1,64	1,32	0,93	1,07	25,63
1983	0,51	1,17	2,36	3,62	2,32	1,31	1,51	1,29	0,89	0,66	0,52	0,59	0,82	4,08
1984	0,51	0,76	1,12	2,46	4,88	3,06	4,11	2,05	1,59	1,22	0,90	0,72	0,79	15,44
1985	0,51	0,63	1,08	2,48	2,82	2,98	2,33	1,58	1,27	0,95	0,80	0,73	0,55	4,64
1986	0,51	0,46	0,63	2,68	1,94	1,75	1,97	1,48	1,00	0,93	0,67	0,53	0,74	2,54
1987	0,51	0,72	1,05	2,87	2,46	3,00	2,43	1,92	1,28	0,97	0,72	0,56	0,56	5,08
1988	0,51	0,85	0,91	1,49	1,04	2,42	2,08	1,09	0,79	0,86	0,75	0,61	0,60	4,56
1989	0,51	0,79	1,18	2,57	1,93	2,09	1,56	1,34	1,13	0,79	0,74	0,74	0,66	2,41
1990	0,51	0,53	0,76	0,95	4,31	2,63	2,76	2,18	1,36	1,05	0,84	0,64	0,71	9,66
1991	0,51	0,77	1,07	2,09	3,73	3,71	2,08	1,97	1,45	1,05	0,80	0,69	1,01	10,27
1992	0,51	0,76	1,23	3,30	2,62	3,31	1,95	1,90	1,18	1,19	0,80	0,65	0,79	7,47
1993	0,51	0,62	0,82	1,38	3,56	1,65	3,04	1,63	1,57	1,11	0,80	0,61	0,50	4,15
1994	0,51	0,54	0,79	2,40	1,91	2,62	2,68	1,77	1,28	0,95	0,71	0,55	0,61	3,91
1995	0,51	0,98	1,63	2,97	2,66	2,95	2,25	1,42	1,15	0,87	0,71	0,59	0,73	4,62
1996	0,51	0,64	2,24	3,58	5,15	3,34	3,35	2,87	1,86	1,66	1,13	0,84	1,10	21,42
1997	0,51	0,76	1,03	1,64	1,95	2,12	1,03	0,85	0,89	0,62	0,46	0,44	0,34	3,80
1998	0,51	0,87	1,50	1,69	1,97	1,57	2,73	1,25	0,86	0,71	0,55	0,42	0,37	0,79
1999	0,51	0,60	1,43	1,92	3,55	2,89	2,62	1,61	1,07	0,84	0,70	0,61	0,68	5,25
2000	0,51	0,53	1,50	2,01	2,18	1,28	1,39	0,83	0,70	0,52	0,41	0,42	0,40	1,72
2001	0,51	0,78	1,25	2,46	2,61	3,41	1,82	1,18	0,90	0,70	0,57	0,46	0,63	6,23
2002	0,51	0,61	1,17	2,22	4,83	2,15	2,65	1,62	1,23	0,91	0,68	0,58	0,47	8,09
2003	0,51	0,50	0,98	1,40	2,35	2,92	1,64	1,50	1,08	0,85	0,77	0,55	0,42	4,82
2004	0,51	0,61	0,70	1,83	2,99	2,49	2,62	1,58	1,37	1,04	0,75	0,58	0,69	3,90
2005	0,51	0,48	1,33	1,64	1,44	1,56	1,88	1,19	0,81	0,67	0,51	0,43	0,50	1,83
2006	0,51	0,78	1,43	2,13	3,69	2,25	1,32	1,27	0,90	0,69	0,58	0,43	0,33	4,31
2007	0,51	0,65	0,79	0,99	1,70	2,24	2,61	1,85	1,05	0,89	0,65	0,62	0,75	4,11
2008	0,51	0,54	0,94	2,71	2,66	3,10	2,46	1,54	1,07	1,09	0,73	0,62	0,66	5,46
2009	0,51	1,32	1,05	3,18	1,97	1,52	2,49	1,43	1,05	0,79	0,60	0,46	0,50	2,16
2010														
2011	0,51	0,92	1,92	5,05	5,13	2,60	2,38	1,91	1,54	1,34	0,90	0,68	0,63	20,18
2012	0,51	0,54	1,12	0,95	1,67	1,22	1,65	1,24	1,00	0,78	0,58	0,43	0,46	2,57
2013	0,51	0,88	0,88	1,66	1,06	0,75	0,58	0,59	0,41	0,33	0,34	0,24	0,19	6,88
2014	0,51	0,66	1,08	0,90	0,79	1,25	1,45	0,78	0,62	0,50	0,37	0,28	0,46	5,66
Observado	0,55	0,95	1,64	2,05	2,31	1,10	2,29	1,45	1,02	0,87	0,66	0,45	0,29	
Mediana		0,70	1,09	2,13	2,62	2,42	2,25	1,54	1,08	0,89	0,71	0,59	0,61	
Erro		-0,25	-0,55	0,08	0,31	1,32	-0,04	0,09	0,06	0,03	0,05	0,14	0,32	
Simul.Hist		0,49	1,09	2,09	2,87	1,45	1,85	1,21	0,88	0,88	0,62	0,57	0,42	
Erro Modelo		-48%	-34%	2%	24%	31%	-19%	-16%	-14%	2%	-7%	25%	45%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



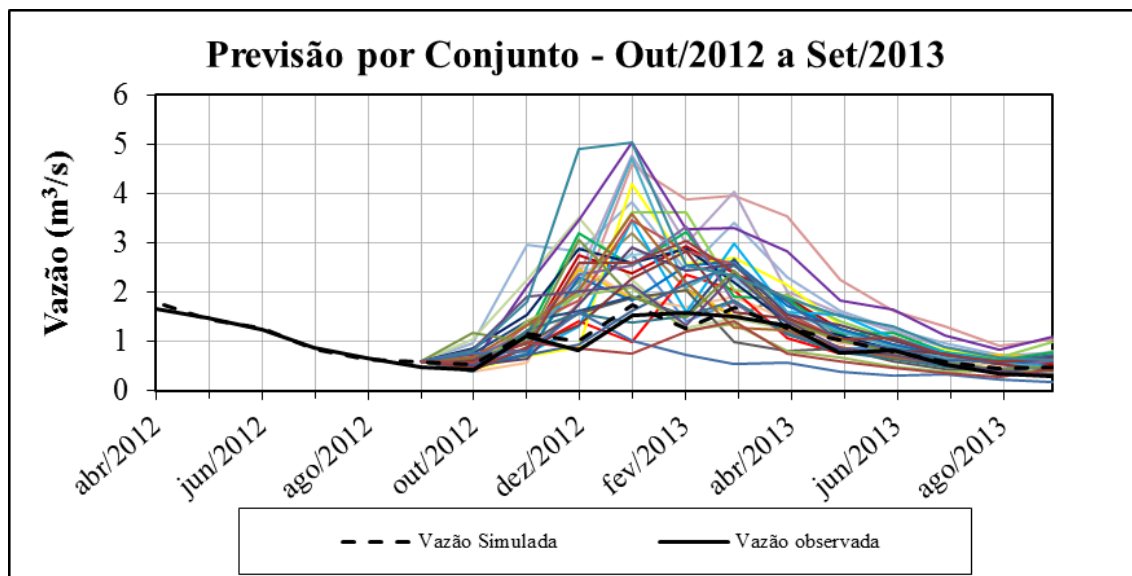
Área da bacia	113	km ²	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
			set/11	out/11	nov/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12	mai/12	jun/12	jul/12	
1979	0,34	0,58	1,13	2,10	3,07	2,00	1,44	1,90	1,03	1,07	0,73	0,57	0,55	10,74
1980	0,34	0,40	0,94	1,88	2,66	1,34	1,73	1,14	0,82	0,83	0,58	0,54	0,40	15,17
1981	0,34	0,92	2,78	2,71	3,68	2,36	3,31	2,24	1,58	1,23	0,95	0,72	0,63	10,51
1982	0,34	0,81	0,73	1,68	4,41	3,77	3,87	3,48	2,21	1,59	1,28	0,90	1,04	19,10
1983	0,34	0,99	2,11	3,35	2,18	1,22	1,42	1,22	0,85	0,63	0,49	0,56	0,79	14,83
1984	0,34	0,63	0,97	2,23	4,59	2,90	3,95	1,97	1,53	1,18	0,87	0,69	0,76	10,02
1985	0,34	0,51	0,93	2,24	2,62	2,80	2,21	1,50	1,21	0,90	0,76	0,70	0,52	12,94
1986	0,34	0,37	0,53	2,42	1,78	1,63	1,85	1,39	0,95	0,88	0,64	0,50	0,71	18,41
1987	0,34	0,59	0,91	2,61	2,28	2,82	2,31	1,83	1,22	0,93	0,69	0,53	0,54	13,87
1988	0,34	0,71	0,78	1,32	0,94	2,24	1,95	1,03	0,74	0,81	0,71	0,58	0,57	30,40
1989	0,34	0,66	1,02	2,33	1,78	1,95	1,46	1,26	1,07	0,75	0,70	0,70	0,64	18,06
1990	0,34	0,43	0,64	0,83	3,99	2,47	2,62	2,08	1,30	1,00	0,81	0,61	0,68	15,01
1991	0,34	0,64	0,93	1,88	3,47	3,51	1,97	1,88	1,39	1,01	0,77	0,66	0,97	11,68
1992	0,34	0,63	1,07	3,02	2,44	3,12	1,85	1,81	1,13	1,14	0,76	0,62	0,76	11,86
1993	0,34	0,51	0,70	1,22	3,29	1,54	2,88	1,55	1,50	1,05	0,76	0,59	0,48	15,55
1994	0,34	0,44	0,67	2,16	1,75	2,44	2,54	1,68	1,22	0,91	0,68	0,53	0,58	19,30
1995	0,34	0,83	1,44	2,72	2,48	2,79	2,14	1,35	1,10	0,83	0,68	0,57	0,70	12,29
1996	0,34	0,52	1,98	3,30	4,88	3,19	3,23	2,77	1,80	1,61	1,10	0,82	1,08	6,57
1997	0,34	0,63	0,89	1,47	1,78	1,97	0,96	0,79	0,83	0,58	0,43	0,41	0,32	23,99
1998	0,34	0,73	1,31	1,52	1,81	1,45	2,58	1,18	0,81	0,67	0,52	0,40	0,35	22,99
1999	0,34	0,49	1,25	1,73	3,31	2,73	2,49	1,53	1,01	0,80	0,67	0,59	0,65	12,09
2000	0,34	0,44	1,30	1,82	2,01	1,18	1,30	0,77	0,66	0,48	0,38	0,40	0,37	21,38
2001	0,34	0,64	1,08	2,23	2,42	3,22	1,72	1,12	0,85	0,66	0,54	0,43	0,61	15,59
2002	0,34	0,50	1,01	2,01	4,54	2,03	2,52	1,55	1,17	0,87	0,65	0,56	0,45	6,58
2003	0,34	0,40	0,83	1,24	2,16	2,73	1,54	1,42	1,02	0,80	0,73	0,52	0,40	20,90
2004	0,34	0,50	0,59	1,63	2,76	2,33	2,48	1,49	1,31	0,99	0,72	0,56	0,66	15,09
2005	0,34	0,39	1,15	1,47	1,31	1,44	1,75	1,11	0,76	0,63	0,48	0,41	0,48	26,86
2006	0,34	0,64	1,25	1,93	3,44	2,11	1,24	1,19	0,85	0,66	0,55	0,41	0,31	10,83
2007	0,34	0,54	0,67	0,87	1,54	2,08	2,46	1,75	0,99	0,84	0,62	0,59	0,72	27,95
2008	0,34	0,44	0,80	2,45	2,47	2,92	2,33	1,46	1,01	1,04	0,70	0,59	0,63	13,57
2009	0,34	1,13	0,92	2,91	1,83	1,42	2,35	1,36	1,00	0,75	0,57	0,44	0,48	17,02
2010	0,34	0,79	1,79	1,92	2,05	1,28	2,28	1,36	0,85	0,72	0,54	0,42	0,33	19,33
2011														
2012	0,34	0,44	0,96	0,84	1,52	1,11	1,53	1,16	0,93	0,73	0,54	0,41	0,44	29,33
2013	0,34	0,74	0,76	1,48	0,96	0,68	0,53	0,54	0,38	0,30	0,32	0,22	0,17	36,03
2014	0,34	0,55	0,93	0,79	0,70	1,13	1,34	0,72	0,57	0,46	0,34	0,26	0,43	38,68
Observado	0,29	0,57	1,28	4,19	5,49	2,17	1,81	1,65	1,49	1,25	0,88	0,66	0,49	
Mediana		0,58	0,94	1,92	2,42	2,11	2,14	1,42	1,01	0,83	0,68	0,56	0,57	
Erro		0,01	-0,34	-2,27	-3,07	-0,06	0,33	-0,24	-0,47	-0,42	-0,20	-0,10	0,48	
Simul.Hist		0,40	0,94	1,88	2,66	1,34	1,73	1,14	0,82	0,83	0,58	0,54	0,40	
Erro Modelo		-30%	-27%	-55%	-52%	-38%	-5%	-31%	-45%	-33%	-34%	-19%	-19%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



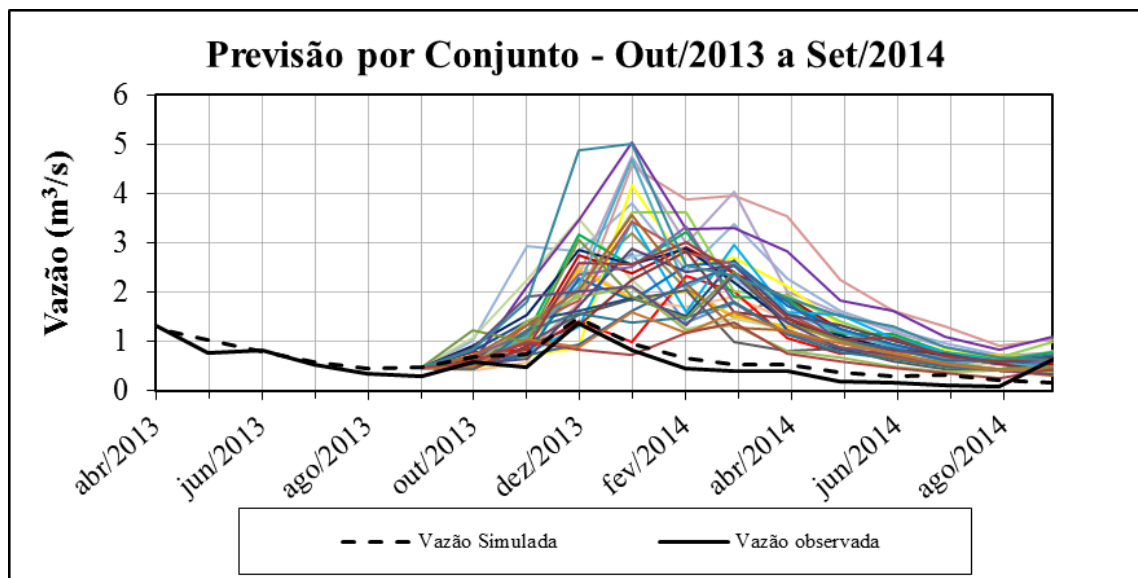
Área da bacia	113	km ²	Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
			mês	set/12	out/12	nov/12	dez/12	jan/13	fev/13	mar/13	abr/13	mai/13	jun/13	
1979	0,60	0,61	1,22	2,23	3,20	2,08	1,49	1,96	1,07	1,10	0,75	0,59	0,57	5,79
1980	0,60	0,41	1,01	2,01	2,79	1,41	1,80	1,19	0,86	0,87	0,60	0,56	0,41	3,18
1981	0,60	0,97	2,96	2,84	3,82	2,44	3,40	2,30	1,62	1,26	0,97	0,74	0,64	19,64
1982	0,60	0,85	0,79	1,79	4,59	3,89	3,97	3,55	2,25	1,62	1,31	0,92	1,06	31,15
1983	0,60	1,04	2,25	3,52	2,27	1,28	1,48	1,26	0,87	0,65	0,51	0,58	0,81	9,95
1984	0,60	0,66	1,05	2,37	4,77	3,00	4,05	2,02	1,57	1,21	0,89	0,71	0,78	23,10
1985	0,60	0,54	1,01	2,39	2,74	2,91	2,28	1,55	1,25	0,93	0,78	0,72	0,54	6,80
1986	0,60	0,38	0,58	2,58	1,88	1,71	1,93	1,45	0,98	0,91	0,66	0,52	0,73	3,96
1987	0,60	0,62	0,98	2,76	2,39	2,93	2,38	1,88	1,26	0,95	0,71	0,55	0,55	7,80
1988	0,60	0,74	0,85	1,42	1,00	2,35	2,04	1,07	0,77	0,84	0,73	0,60	0,59	1,93
1989	0,60	0,69	1,11	2,47	1,87	2,04	1,52	1,31	1,11	0,77	0,72	0,73	0,65	3,51
1990	0,60	0,44	0,70	0,90	4,19	2,57	2,71	2,14	1,33	1,03	0,83	0,63	0,70	10,94
1991	0,60	0,67	1,00	2,01	3,63	3,63	2,04	1,94	1,42	1,04	0,79	0,68	0,99	11,79
1992	0,60	0,66	1,15	3,19	2,55	3,24	1,91	1,87	1,16	1,17	0,79	0,64	0,78	10,48
1993	0,60	0,53	0,76	1,32	3,46	1,61	2,98	1,60	1,55	1,09	0,79	0,60	0,49	7,14
1994	0,60	0,46	0,73	2,30	1,85	2,55	2,63	1,74	1,26	0,94	0,70	0,54	0,60	5,18
1995	0,60	0,87	1,54	2,87	2,59	2,89	2,21	1,39	1,13	0,85	0,70	0,58	0,72	8,27
1996	0,60	0,55	2,12	3,47	5,05	3,29	3,31	2,83	1,84	1,64	1,12	0,83	1,09	31,77
1997	0,60	0,66	0,96	1,57	1,88	2,06	1,00	0,83	0,87	0,60	0,45	0,43	0,34	1,54
1998	0,60	0,76	1,42	1,62	1,91	1,53	2,67	1,23	0,84	0,69	0,54	0,41	0,37	2,42
1999	0,60	0,51	1,34	1,84	3,46	2,83	2,57	1,58	1,05	0,83	0,69	0,60	0,67	7,84
2000	0,60	0,45	1,41	1,94	2,11	1,24	1,36	0,81	0,68	0,51	0,40	0,41	0,39	2,21
2001	0,60	0,67	1,17	2,37	2,54	3,34	1,78	1,16	0,88	0,69	0,56	0,45	0,62	6,76
2002	0,60	0,52	1,10	2,14	4,72	2,11	2,60	1,59	1,21	0,89	0,67	0,57	0,46	13,69
2003	0,60	0,42	0,90	1,34	2,28	2,84	1,60	1,47	1,06	0,83	0,76	0,54	0,41	2,61
2004	0,60	0,52	0,65	1,75	2,90	2,43	2,56	1,54	1,35	1,02	0,74	0,57	0,68	5,42
2005	0,60	0,40	1,24	1,58	1,39	1,51	1,83	1,16	0,79	0,65	0,50	0,42	0,49	0,83
2006	0,60	0,67	1,35	2,05	3,59	2,20	1,29	1,24	0,88	0,68	0,57	0,42	0,32	6,30
2007	0,60	0,56	0,73	0,94	1,64	2,18	2,55	1,82	1,03	0,87	0,64	0,61	0,74	2,22
2008	0,60	0,46	0,87	2,61	2,59	3,03	2,41	1,51	1,05	1,07	0,72	0,61	0,65	7,62
2009	0,60	1,19	0,99	3,08	1,92	1,48	2,44	1,40	1,03	0,78	0,59	0,45	0,49	6,86
2010	0,60	0,83	1,92	2,03	2,15	1,34	2,37	1,41	0,88	0,75	0,55	0,43	0,35	3,51
2011	0,60	0,81	1,82	4,91	5,03	2,56	2,35	1,88	1,52	1,32	0,88	0,67	0,63	32,64
2012														
2013	0,60	0,77	0,82	1,59	1,02	0,72	0,56	0,57	0,40	0,32	0,33	0,24	0,18	3,75
2014	0,60	0,57	1,01	0,85	0,75	1,20	1,41	0,75	0,60	0,48	0,36	0,28	0,45	1,35
Observado	0,49	0,42	1,11	0,82	1,54	1,59	1,50	1,32	0,78	0,83	0,54	0,35	0,30	
Mediana		0,62	1,01	2,05	2,55	2,35	2,28	1,51	1,06	0,87	0,70	0,58	0,60	
Erro		0,20	-0,09	1,23	1,01	0,76	0,78	0,18	0,28	0,05	0,16	0,23	0,49	
Simul.Hist		0,41	1,01	2,01	2,79	1,41	1,80	1,19	0,86	0,87	0,60	0,56	0,41	
Erro Modelo		-2%	-9%	144%	81%	-12%	21%	-10%	10%	5%	12%	57%	38%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



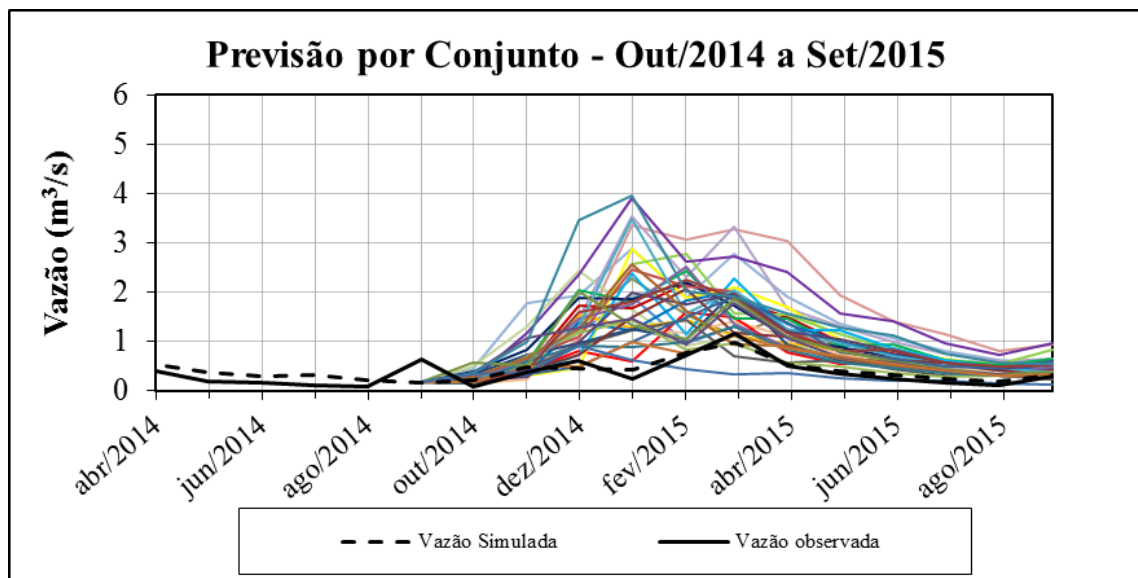
Área da bacia	113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											Erro
	mês	set/13	out/13	nov/13	dez/13	jan/14	fev/14	mar/14	abr/14	mai/14	jun/14	jul/14	ago/14	
1979	0,47	0,64	1,22	2,22	3,19	2,07	1,49	1,96	1,06	1,10	0,75	0,58	0,57	15,31
1980	0,47	0,45	1,02	1,99	2,77	1,40	1,79	1,18	0,85	0,86	0,60	0,55	0,41	9,32
1981	0,47	1,01	2,94	2,83	3,80	2,43	3,39	2,29	1,61	1,26	0,97	0,74	0,64	37,97
1982	0,47	0,89	0,80	1,78	4,57	3,87	3,96	3,54	2,25	1,62	1,30	0,92	1,06	57,19
1983	0,47	1,08	2,25	3,50	2,26	1,27	1,47	1,25	0,87	0,65	0,50	0,58	0,81	13,51
1984	0,47	0,69	1,05	2,35	4,75	2,99	4,04	2,02	1,56	1,20	0,89	0,71	0,77	42,86
1985	0,47	0,57	1,01	2,37	2,73	2,90	2,27	1,55	1,24	0,93	0,78	0,72	0,54	18,23
1986	0,47	0,41	0,58	2,56	1,87	1,70	1,92	1,44	0,98	0,91	0,66	0,51	0,73	9,09
1987	0,47	0,66	0,98	2,75	2,37	2,92	2,38	1,88	1,25	0,95	0,70	0,55	0,55	18,97
1988	0,47	0,78	0,85	1,41	0,99	2,34	2,03	1,06	0,77	0,84	0,73	0,60	0,59	8,31
1989	0,47	0,73	1,11	2,46	1,86	2,02	1,51	1,30	1,11	0,77	0,72	0,72	0,65	9,14
1990	0,47	0,48	0,71	0,89	4,17	2,56	2,69	2,14	1,33	1,02	0,83	0,63	0,70	26,98
1991	0,47	0,71	1,00	2,00	3,61	3,62	2,03	1,93	1,42	1,03	0,78	0,68	0,99	26,62
1992	0,47	0,70	1,15	3,17	2,54	3,22	1,90	1,86	1,16	1,16	0,78	0,64	0,78	21,34
1993	0,47	0,57	0,76	1,31	3,44	1,60	2,97	1,59	1,54	1,08	0,78	0,60	0,49	19,62
1994	0,47	0,50	0,74	2,29	1,84	2,54	2,62	1,73	1,25	0,93	0,70	0,54	0,60	15,21
1995	0,47	0,91	1,54	2,86	2,58	2,88	2,20	1,39	1,13	0,85	0,70	0,58	0,72	18,49
1996	0,47	0,58	2,12	3,45	5,03	3,27	3,30	2,82	1,84	1,64	1,11	0,83	1,09	53,44
1997	0,47	0,70	0,96	1,56	1,87	2,05	1,00	0,82	0,86	0,60	0,44	0,43	0,33	5,41
1998	0,47	0,80	1,41	1,61	1,90	1,52	2,66	1,22	0,84	0,69	0,54	0,41	0,36	10,08
1999	0,47	0,54	1,35	1,83	3,44	2,82	2,56	1,57	1,04	0,82	0,68	0,60	0,67	21,17
2000	0,47	0,49	1,41	1,92	2,10	1,23	1,35	0,80	0,68	0,50	0,40	0,41	0,39	5,04
2001	0,47	0,71	1,17	2,36	2,52	3,32	1,77	1,15	0,88	0,68	0,55	0,45	0,62	16,09
2002	0,47	0,56	1,10	2,12	4,70	2,10	2,59	1,59	1,20	0,89	0,67	0,57	0,46	26,92
2003	0,47	0,45	0,91	1,33	2,26	2,83	1,59	1,47	1,05	0,83	0,75	0,54	0,41	12,34
2004	0,47	0,56	0,65	1,74	2,89	2,42	2,55	1,54	1,34	1,02	0,74	0,57	0,68	16,88
2005	0,47	0,44	1,24	1,57	1,38	1,50	1,82	1,15	0,79	0,65	0,49	0,42	0,49	5,51
2006	0,47	0,71	1,35	2,04	3,57	2,19	1,28	1,23	0,88	0,68	0,56	0,42	0,32	14,34
2007	0,47	0,59	0,74	0,94	1,62	2,17	2,54	1,81	1,02	0,87	0,64	0,61	0,74	12,16
2008	0,47	0,49	0,87	2,59	2,57	3,02	2,40	1,50	1,04	1,06	0,72	0,61	0,64	18,63
2009	0,47	1,23	0,99	3,06	1,91	1,47	2,42	1,40	1,03	0,77	0,59	0,45	0,49	12,25
2010	0,47	0,87	1,91	2,02	2,14	1,33	2,36	1,40	0,87	0,74	0,55	0,43	0,34	11,03
2011	0,47	0,85	1,82	4,89	5,01	2,55	2,34	1,88	1,51	1,32	0,88	0,67	0,63	45,93
2012	0,47	0,49	1,04	0,90	1,60	1,17	1,59	1,21	0,97	0,75	0,56	0,42	0,45	5,06
2013														
2014	0,47	0,61	1,01	0,85	0,75	1,19	1,40	0,75	0,60	0,48	0,36	0,27	0,45	2,65
Observado	0,30	0,58	0,49	1,39	0,83	0,45	0,40	0,41	0,18	0,16	0,11	0,09	0,64	
Mediana		0,64	1,04	2,04	2,54	2,34	2,27	1,50	1,05	0,87	0,70	0,58	0,60	
Erro		0,06	0,56	0,65	1,70	1,89	1,88	1,09	0,87	0,71	0,59	0,49	0,60	
Simul.Hist		0,45	1,02	1,99	2,77	1,40	1,79	1,18	0,85	0,86	0,60	0,55	0,41	
Erro Modelo		-23%	109%	44%	232%	213%	354%	188%	363%	444%	447%	525%	-35%	

Obs.: em destaque membro de menor erro



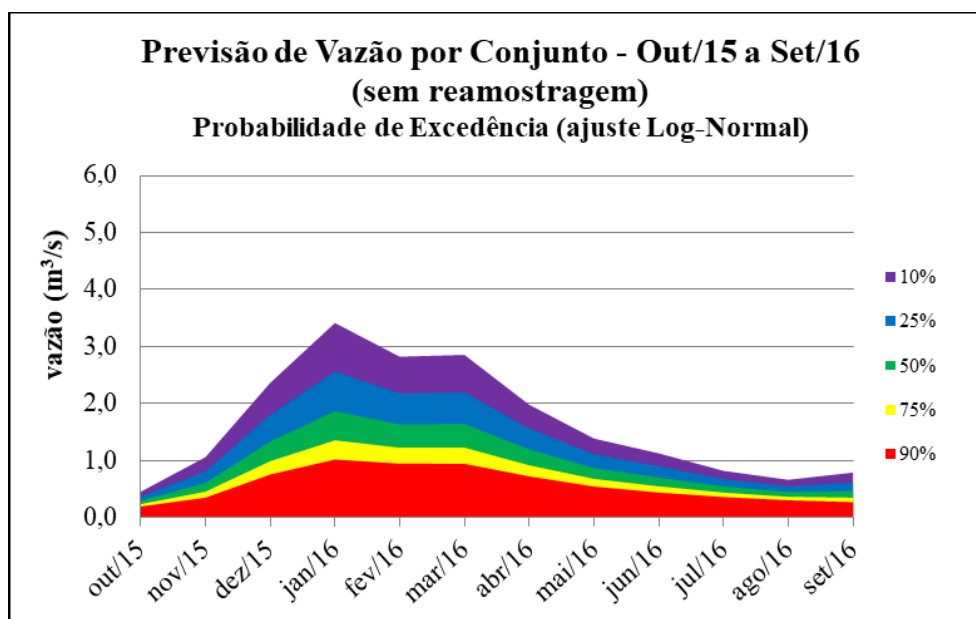
Área da bacia	113 km ²		Previsão de Vazões (m ³ /s)											
	mês	set/14	out/14	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15
1979	0,17	0,26	0,62	1,38	2,28	1,54	1,12	1,54	0,84	0,87	0,60	0,47	0,46	7,48
1980	0,17	0,17	0,48	1,20	1,92	0,98	1,32	0,88	0,64	0,65	0,46	0,43	0,32	3,80
1981	0,17	0,45	1,78	1,95	2,87	1,88	2,78	1,92	1,36	1,06	0,82	0,63	0,55	19,02
1982	0,17	0,38	0,39	1,06	3,36	3,06	3,29	3,04	1,95	1,40	1,14	0,80	0,94	31,95
1983	0,17	0,49	1,31	2,44	1,66	0,92	1,11	0,97	0,68	0,50	0,39	0,46	0,66	7,03
1984	0,17	0,28	0,52	1,46	3,54	2,32	3,33	1,67	1,30	1,01	0,75	0,60	0,67	22,27
1985	0,17	0,22	0,49	1,46	1,92	2,17	1,76	1,21	0,98	0,74	0,63	0,58	0,44	7,55
1986	0,17	0,15	0,25	1,55	1,26	1,18	1,42	1,09	0,74	0,69	0,50	0,40	0,58	3,11
1987	0,17	0,27	0,48	1,74	1,67	2,19	1,86	1,50	1,00	0,76	0,57	0,44	0,45	7,89
1988	0,17	0,32	0,41	0,80	0,60	1,60	1,49	0,78	0,56	0,62	0,55	0,46	0,46	1,63
1989	0,17	0,30	0,56	1,55	1,28	1,45	1,12	0,98	0,85	0,59	0,56	0,57	0,52	3,52
1990	0,17	0,18	0,31	0,46	2,89	1,90	2,09	1,70	1,06	0,82	0,66	0,51	0,58	11,95
1991	0,17	0,29	0,49	1,20	2,57	2,79	1,59	1,54	1,15	0,84	0,64	0,56	0,84	12,96
1992	0,17	0,28	0,58	2,06	1,81	2,45	1,48	1,48	0,92	0,94	0,64	0,52	0,65	9,91
1993	0,17	0,22	0,35	0,73	2,38	1,14	2,29	1,24	1,22	0,86	0,63	0,48	0,40	7,97
1994	0,17	0,19	0,33	1,38	1,23	1,83	2,02	1,36	0,98	0,73	0,55	0,43	0,48	5,13
1995	0,17	0,39	0,83	1,88	1,86	2,20	1,73	1,10	0,89	0,68	0,56	0,47	0,60	8,15
1996	0,17	0,23	1,18	2,36	3,90	2,62	2,74	2,41	1,58	1,42	0,97	0,73	0,97	30,97
1997	0,17	0,29	0,47	0,91	1,24	1,45	0,71	0,58	0,63	0,44	0,32	0,31	0,25	2,04
1998	0,17	0,34	0,74	0,98	1,27	1,05	2,02	0,93	0,63	0,52	0,41	0,31	0,28	2,59
1999	0,17	0,21	0,68	1,11	2,45	2,13	2,02	1,24	0,82	0,65	0,54	0,49	0,55	9,18
2000	0,17	0,19	0,72	1,18	1,43	0,85	0,96	0,57	0,49	0,36	0,29	0,30	0,29	1,98
2001	0,17	0,29	0,59	1,48	1,77	2,52	1,37	0,88	0,68	0,53	0,43	0,35	0,50	6,89
2002	0,17	0,22	0,54	1,31	3,48	1,58	2,05	1,27	0,97	0,72	0,54	0,47	0,38	13,90
2003	0,17	0,17	0,42	0,75	1,49	2,06	1,19	1,11	0,80	0,63	0,58	0,42	0,32	4,35
2004	0,17	0,22	0,29	1,00	1,98	1,77	1,97	1,20	1,06	0,81	0,58	0,45	0,55	6,52
2005	0,17	0,16	0,61	0,92	0,88	1,01	1,31	0,85	0,58	0,47	0,36	0,31	0,37	0,94
2006	0,17	0,29	0,69	1,25	2,56	1,62	0,95	0,93	0,67	0,51	0,43	0,32	0,25	7,19
2007	0,17	0,24	0,34	0,50	1,00	1,50	1,91	1,39	0,78	0,66	0,49	0,47	0,59	3,19
2008	0,17	0,19	0,41	1,61	1,80	2,26	1,88	1,18	0,82	0,85	0,58	0,49	0,53	7,65
2009	0,17	0,57	0,52	2,01	1,34	1,05	1,86	1,09	0,80	0,60	0,46	0,35	0,39	4,75
2010	0,17	0,37	1,06	1,29	1,48	0,94	1,79	1,08	0,67	0,57	0,42	0,33	0,27	3,56
2011	0,17	0,36	1,00	3,47	3,95	2,03	1,91	1,56	1,27	1,13	0,75	0,58	0,54	27,90
2012	0,17	0,18	0,50	0,49	1,00	0,77	1,12	0,87	0,71	0,55	0,41	0,31	0,34	1,05
2013	0,17	0,34	0,40	0,92	0,63	0,44	0,35	0,36	0,25	0,20	0,22	0,15	0,12	1,13
2014														
Observado	0,64	0,10	0,38	0,62	0,25	0,71	1,18	0,52	0,35	0,26	0,17	0,11	0,31	
Mediana		0,27	0,52	1,29	1,80	1,62	1,76	1,18	0,82	0,68	0,55	0,46	0,48	
Erro		0,17	0,14	0,67	1,55	0,90	0,59	0,66	0,47	0,42	0,39	0,35	0,40	
Simul.Hist		0,17	0,48	1,20	1,92	0,98	1,32	0,88	0,64	0,65	0,46	0,43	0,32	
Erro Modelo		66%	28%	94%	670%	38%	12%	70%	81%	151%	174%	291%	4%	

Obs.: em destaque membro de menor erro

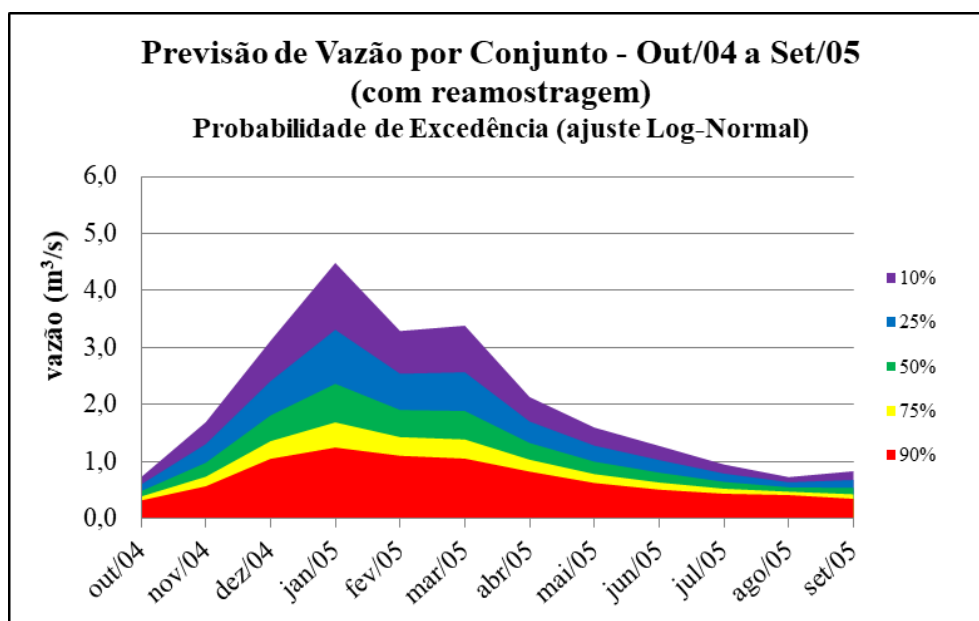


APÊNDICE C – PREVISÕES POR CONJUNTO

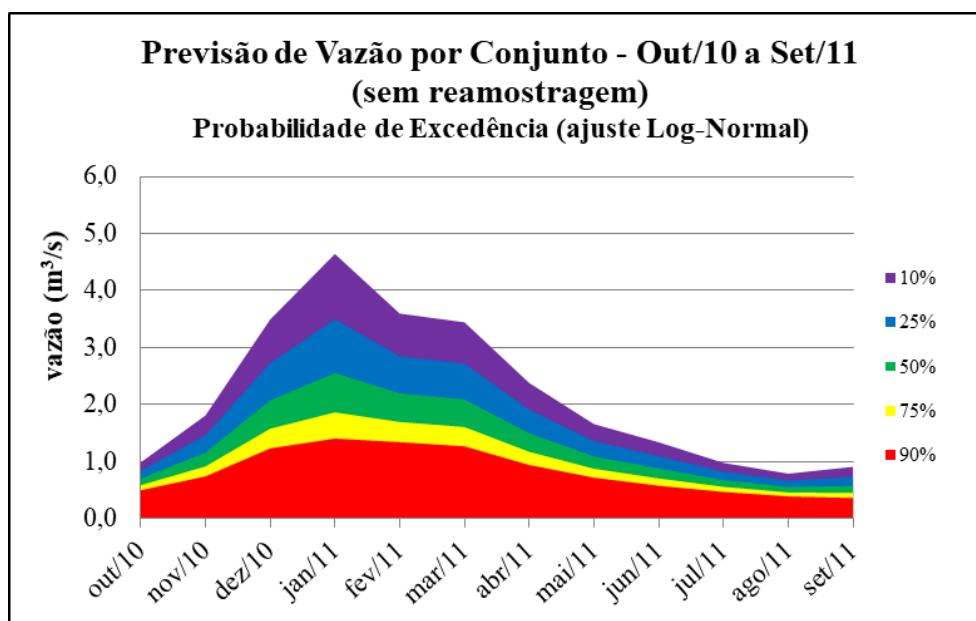
Área da bacia 113 km ²			Previsão de Vazões (m ³ /s) - sem reamostragem										
mês	set/04	out/04	nov/04	dez/04	jan/05	fev/05	mar/05	abr/05	mai/05	jun/05	jul/05	ago/05	set/05
1979	0,41	0,50	1,05	2,01	2,97	1,94	1,40	1,86	1,01	1,04	0,71	0,56	0,54
1980	0,41	0,34	0,86	1,79	2,56	1,30	1,68	1,11	0,80	0,81	0,57	0,53	0,39
1981	0,41	0,82	2,64	2,61	3,58	2,30	3,25	2,21	1,56	1,21	0,94	0,71	0,62
1982	0,41	0,71	0,68	1,59	4,28	3,68	3,80	3,43	2,18	1,57	1,27	0,89	1,03
1983	0,41	0,88	2,00	3,24	2,11	1,18	1,38	1,19	0,82	0,61	0,48	0,55	0,77
1984	0,41	0,55	0,90	2,12	4,46	2,83	3,87	1,94	1,50	1,16	0,86	0,68	0,75
1985	0,41	0,44	0,86	2,14	2,53	2,73	2,15	1,47	1,18	0,88	0,75	0,69	0,51
1986	0,41	0,31	0,48	2,30	1,71	1,57	1,80	1,36	0,92	0,86	0,62	0,49	0,69
1987	0,41	0,52	0,84	2,49	2,20	2,74	2,25	1,79	1,19	0,91	0,67	0,52	0,53
1988	0,41	0,62	0,72	1,25	0,89	2,16	1,90	1,00	0,72	0,79	0,69	0,57	0,56
1989	0,41	0,57	0,95	2,23	1,72	1,88	1,42	1,23	1,04	0,73	0,68	0,69	0,62
1990	0,41	0,36	0,59	0,77	3,85	2,40	2,55	2,04	1,27	0,98	0,79	0,60	0,67
1991	0,41	0,56	0,85	1,79	3,36	3,42	1,93	1,84	1,36	0,99	0,75	0,65	0,96
1992	0,41	0,55	0,99	2,89	2,36	3,04	1,80	1,77	1,10	1,11	0,75	0,61	0,75
1993	0,41	0,44	0,64	1,15	3,18	1,49	2,81	1,51	1,47	1,03	0,75	0,57	0,47
1994	0,41	0,38	0,61	2,05	1,69	2,37	2,47	1,64	1,19	0,89	0,66	0,51	0,57
1995	0,41	0,73	1,35	2,61	2,40	2,71	2,09	1,32	1,07	0,81	0,67	0,56	0,69
1996	0,41	0,45	1,86	3,18	4,76	3,12	3,17	2,73	1,78	1,59	1,08	0,81	1,06
1997	0,41	0,55	0,82	1,39	1,71	1,90	0,92	0,76	0,81	0,56	0,41	0,40	0,31
1998	0,41	0,64	1,23	1,45	1,74	1,40	2,51	1,15	0,79	0,65	0,51	0,39	0,35
1999	0,41	0,42	1,16	1,64	3,20	2,65	2,43	1,50	0,99	0,78	0,65	0,58	0,64
2000	0,41	0,37	1,21	1,73	1,93	1,14	1,26	0,75	0,64	0,47	0,37	0,39	0,36
2001	0,41	0,56	1,01	2,13	2,34	3,13	1,68	1,09	0,83	0,65	0,52	0,42	0,59
2002	0,41	0,43	0,94	1,91	4,40	1,97	2,47	1,51	1,15	0,85	0,64	0,55	0,44
2003	0,41	0,34	0,76	1,17	2,07	2,64	1,50	1,38	0,99	0,78	0,71	0,51	0,39
2004													
2005	0,41	0,33	1,06	1,40	1,25	1,38	1,70	1,08	0,74	0,61	0,46	0,39	0,46
2006	0,41	0,56	1,16	1,84	3,33	2,05	1,20	1,16	0,83	0,64	0,53	0,40	0,31
2007	0,41	0,46	0,62	0,82	1,47	2,00	2,39	1,71	0,96	0,82	0,60	0,57	0,70
2008	0,41	0,38	0,74	2,34	2,38	2,84	2,28	1,43	0,99	1,01	0,69	0,58	0,62
2009	0,41	1,01	0,86	2,80	1,77	1,37	2,29	1,33	0,97	0,73	0,56	0,43	0,47
2010	0,41	0,70	1,68	1,83	1,97	1,23	2,22	1,33	0,82	0,70	0,52	0,40	0,33
2011	0,41	0,68	1,59	4,54	4,76	2,43	2,24	1,81	1,46	1,28	0,85	0,65	0,61
2012	0,41	0,37	0,88	0,79	1,45	1,07	1,48	1,13	0,91	0,71	0,53	0,40	0,42
2013	0,41	0,65	0,70	1,41	0,91	0,65	0,50	0,51	0,36	0,28	0,30	0,21	0,17
2014	0,41	0,47	0,86	0,74	0,66	1,08	1,29	0,69	0,55	0,44	0,33	0,25	0,42
Observado	0,45	0,48	0,51	1,66	2,98	2,42	3,20	1,57	1,37	1,18	0,98	0,76	0,74
Mediana		0,52	0,88	1,84	2,34	2,05	2,09	1,38	0,99	0,81	0,66	0,55	0,56
Erro		0,03	0,38	0,18	-0,64	-0,37	-1,11	-0,19	-0,38	-0,36	-0,32	-0,20	-0,18
Simul.Hist		0,34	0,86	1,79	2,56	1,30	1,68	1,11	0,80	0,81	0,57	0,53	0,39
Erro Modelo		-30%	70%	8%	-14%	-46%	-48%	-29%	-42%	-31%	-42%	-31%	-47%



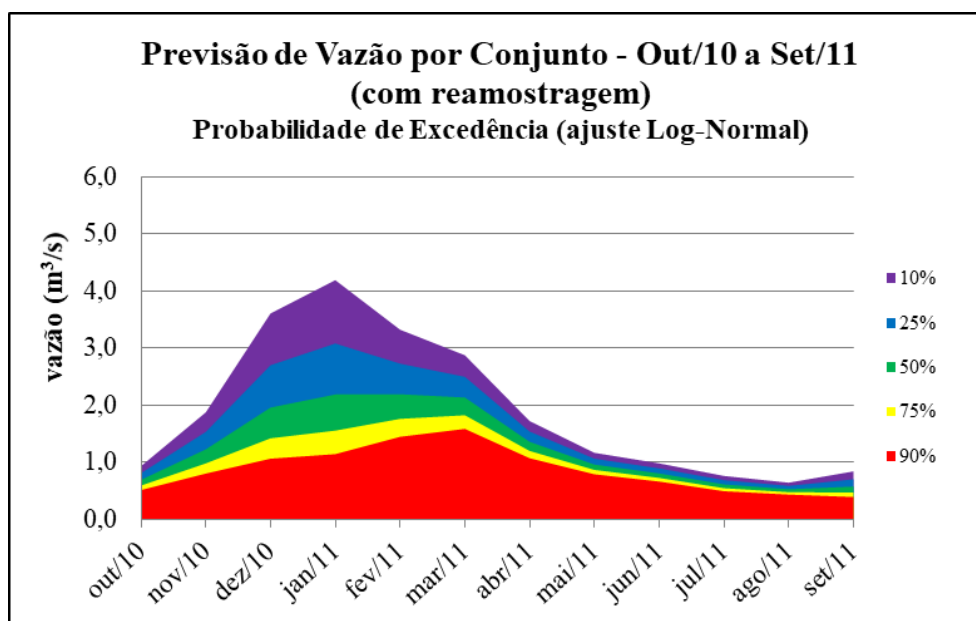
Área da bacia	113	km2	Fase	N	Previsão de Vazões (m ³ /s) - com reamostragem									
mês	set/04	out/04	nov/04	dez/04	jan/05	fev/05	mar/05	abr/05	mai/05	jun/05	jul/05	ago/05	set/05	
1979	0,41	0,50	1,05	2,01	2,97	1,94	1,40	1,86	1,01	1,04	0,71	0,56	0,54	
1980	0,41	0,34	0,86	1,79	2,56	1,30	1,68	1,11	0,80	0,81	0,57	0,53	0,39	
1981	0,41	0,82	2,64	2,61	3,58	2,30	3,25	2,21	1,56					
1982	0,41								2,18	1,57	1,27	0,89	1,03	
1983	0,41	0,88	2,00	3,24	2,11	1,18	1,38	1,19	0,82	0,61	0,48	0,55	0,77	
1984	0,41	0,55	0,90	2,12	4,46	2,83	3,87	1,94	1,50	1,16	0,86	0,68	0,75	
1985	0,41	0,44	0,86	2,14	2,53	2,73	2,15	1,47	1,18	0,88	0,75	0,69	0,51	
1986	0,41	0,31												
1987	0,41	0,52	0,84	2,49	2,20	2,74	2,25	1,79	1,19					
1988	0,41										0,69	0,57	0,56	
1989	0,41	0,57	0,95	2,23	1,72	1,88	1,42	1,23	1,04	0,73	0,68	0,69	0,62	
1990	0,41	0,36	0,59	0,77	3,85	2,40	2,55	2,04	1,27	0,98	0,79			
1991	0,41								1,36	0,99	0,75	0,65	0,96	
1992	0,41													
1993	0,41		0,64	1,15	3,18	1,49								
1994	0,41					2,37	2,47	1,64	1,19	0,89	0,66	0,51	0,57	
1995	0,41	0,73	1,35	2,61	2,40									
1996	0,41	0,45	1,86	3,18	4,76	3,12	3,17							
1997	0,41													
1998	0,41								0,81					
1999	0,41								0,99	0,78	0,65	0,58		
2000	0,41							0,75	0,64	0,47	0,37	0,39	0,36	
2001	0,41	0,56	1,01	2,13	2,34	3,13	1,68	1,09	0,83					
2002	0,41					1,97	2,47	1,51	1,15	0,85	0,64	0,55	0,44	
2003	0,41	0,34	0,76	1,17	2,07	2,64	1,50	1,38	0,99	0,78	0,71	0,51	0,39	
2004														
2005	0,41	0,33	1,06						0,74	0,61				
2006	0,41			1,84	3,33	2,05	1,20	1,16	0,83	0,64	0,53	0,40	0,31	
2007	0,41								0,96	0,82				
2008	0,41							1,43	0,99	1,01	0,69	0,58	0,62	
2009	0,41						2,29	1,33						
2010	0,41													
2011	0,41						2,24	1,81	1,46	1,28	0,85	0,65	0,61	
2012	0,41	0,37	0,88	0,79	1,45	1,07						0,40	0,42	
2013	0,41	0,65	0,70	1,41	0,91	0,65	0,50	0,51	0,36	0,28	0,30			
2014	0,41				0,66	1,08	1,29	0,69	0,55					
Observado	0,45	0,48	0,51	1,66	2,98	2,42	3,20	1,57	1,37	1,18	0,98	0,76	0,74	
Mediana		0,48	0,89	2,07	2,53	2,15	2,20	1,43	1,00	0,84	0,69	0,55	0,56	
Erro		-0,01	0,38	0,40	-0,45	-0,27	-1,01	-0,15	-0,37	-0,34	-0,30	-0,20	0,51	
Simul.Hist		0,34	0,86	1,79	2,56	1,30	1,68	1,11	0,80	0,81	0,57	0,53	0,39	
Erro Modelo		-30%	70%	8%	-14%	-46%	-48%	-29%	-42%	-31%	-42%	-31%	-47%	



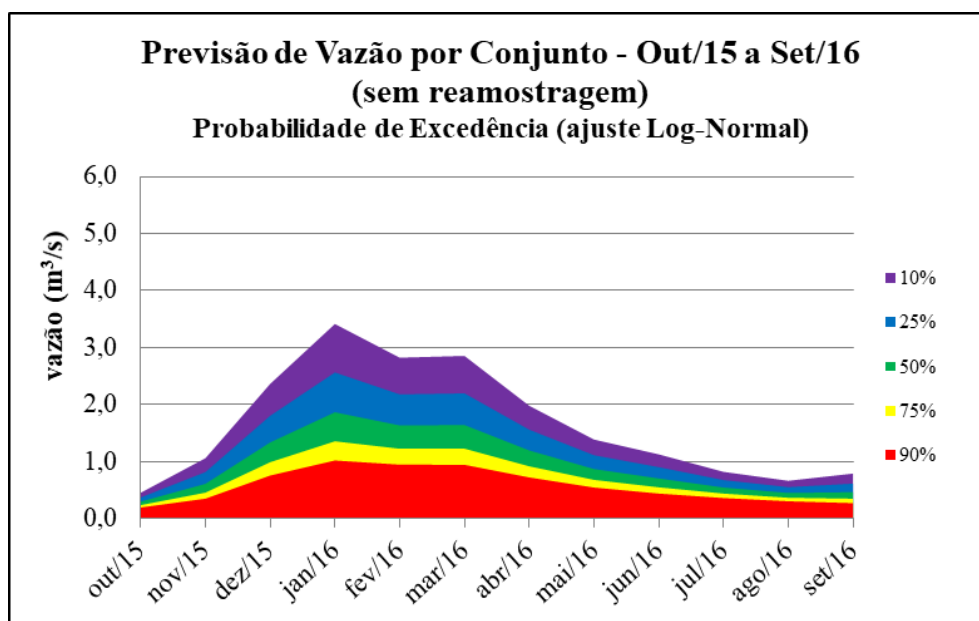
Área da bacia 113 km ²			Previsão de Vazões (m ³ /s) - sem reamostragem										
mês	set/10	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	set/11
1979	0,51	0,70	1,30	2,32	3,29	2,13	1,53	2,00	1,09	1,12	0,76	0,60	0,58
1980	0,51	0,49	1,09	2,09	2,87	1,45	1,85	1,21	0,88	0,88	0,62	0,57	0,42
1981	0,51	1,09	3,09	2,93	3,90	2,49	3,45	2,33	1,64	1,28	0,99	0,75	0,65
1982	0,51	0,96	0,85	1,87	4,70	3,96	4,03	3,59	2,28	1,64	1,32	0,93	1,07
1983	0,51	1,17	2,36	3,62	2,32	1,31	1,51	1,29	0,89	0,66	0,52	0,59	0,82
1984	0,51	0,76	1,12	2,46	4,88	3,06	4,11	2,05	1,59	1,22	0,90	0,72	0,79
1985	0,51	0,63	1,08	2,48	2,82	2,98	2,33	1,58	1,27	0,95	0,80	0,73	0,55
1986	0,51	0,46	0,63	2,68	1,94	1,75	1,97	1,48	1,00	0,93	0,67	0,53	0,74
1987	0,51	0,72	1,05	2,87	2,46	3,00	2,43	1,92	1,28	0,97	0,72	0,56	0,56
1988	0,51	0,85	0,91	1,49	1,04	2,42	2,08	1,09	0,79	0,86	0,75	0,61	0,60
1989	0,51	0,79	1,18	2,57	1,93	2,09	1,56	1,34	1,13	0,79	0,74	0,74	0,66
1990	0,51	0,53	0,76	0,95	4,31	2,63	2,76	2,18	1,36	1,05	0,84	0,64	0,71
1991	0,51	0,77	1,07	2,09	3,73	3,71	2,08	1,97	1,45	1,05	0,80	0,69	1,01
1992	0,51	0,76	1,23	3,30	2,62	3,31	1,95	1,90	1,18	1,19	0,80	0,65	0,79
1993	0,51	0,62	0,82	1,38	3,56	1,65	3,04	1,63	1,57	1,11	0,80	0,61	0,50
1994	0,51	0,54	0,79	2,40	1,91	2,62	2,68	1,77	1,28	0,95	0,71	0,55	0,61
1995	0,51	0,98	1,63	2,97	2,66	2,95	2,25	1,42	1,15	0,87	0,71	0,59	0,73
1996	0,51	0,64	2,24	3,58	5,15	3,34	3,35	2,87	1,86	1,66	1,13	0,84	1,10
1997	0,51	0,76	1,03	1,64	1,95	2,12	1,03	0,85	0,89	0,62	0,46	0,44	0,34
1998	0,51	0,87	1,50	1,69	1,97	1,57	2,73	1,25	0,86	0,71	0,55	0,42	0,37
1999	0,51	0,60	1,43	1,92	3,55	2,89	2,62	1,61	1,07	0,84	0,70	0,61	0,68
2000	0,51	0,53	1,50	2,01	2,18	1,28	1,39	0,83	0,70	0,52	0,41	0,42	0,40
2001	0,51	0,78	1,25	2,46	2,61	3,41	1,82	1,18	0,90	0,70	0,57	0,46	0,63
2002	0,51	0,61	1,17	2,22	4,83	2,15	2,65	1,62	1,23	0,91	0,68	0,58	0,47
2003	0,51	0,50	0,98	1,40	2,35	2,92	1,64	1,50	1,08	0,85	0,77	0,55	0,42
2004	0,51	0,61	0,70	1,83	2,99	2,49	2,62	1,58	1,37	1,04	0,75	0,58	0,69
2005	0,51	0,48	1,33	1,64	1,44	1,56	1,88	1,19	0,81	0,67	0,51	0,43	0,50
2006	0,51	0,78	1,43	2,13	3,69	2,25	1,32	1,27	0,90	0,69	0,58	0,43	0,33
2007	0,51	0,65	0,79	0,99	1,70	2,24	2,61	1,85	1,05	0,89	0,65	0,62	0,75
2008	0,51	0,54	0,94	2,71	2,66	3,10	2,46	1,54	1,07	1,09	0,73	0,62	0,66
2009	0,51	1,32	1,05	3,18	1,97	1,52	2,49	1,43	1,05	0,79	0,60	0,46	0,50
2010													
2011	0,51	0,92	1,92	5,05	5,13	2,60	2,38	1,91	1,54	1,34	0,90	0,68	0,63
2012	0,51	0,54	1,12	0,95	1,67	1,22	1,65	1,24	1,00	0,78	0,58	0,43	0,46
2013	0,51	0,88	0,88	1,66	1,06	0,75	0,58	0,59	0,41	0,33	0,34	0,24	0,19
2014	0,51	0,66	1,08	0,90	0,79	1,25	1,45	0,78	0,62	0,50	0,37	0,28	0,46
Observado	0,55	0,95	1,64	2,05	2,31	1,10	2,29	1,45	1,02	0,87	0,66	0,45	0,29
Mediana		0,70	1,09	2,13	2,62	2,42	2,25	1,54	1,08	0,89	0,71	0,59	0,61
Erro		-0,25	-0,55	0,08	0,31	1,32	-0,04	0,09	0,06	0,03	0,05	0,14	0,32
Simul.Hist		0,49	1,09	2,09	2,87	1,45	1,85	1,21	0,88	0,88	0,62	0,57	0,42
Erro Modelo		-48%	-34%	2%	24%	31%	-19%	-16%	-14%	2%	-7%	25%	45%



Área da bacia	113 km ²	Fase	F	Previsão de Vazões (m ³ /s) - com reamostragem									
mês	set/10	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	set/11
1979	0,51												
1980	0,51												
1981	0,51												
1982	0,51												
1983	0,51												
1984	0,51												
1985	0,51												
1986	0,51												
1987	0,51												
1988	0,51	0,85	0,91	1,49	1,04	2,42	2,08	1,09	0,79	0,97	0,72	0,56	0,56
1989	0,51												
1990	0,51												
1991	0,51												
1992	0,51												
1993	0,51												
1994	0,51												
1995	0,51					2,95	2,25	1,42	1,15	0,87	0,71	0,59	0,73
1996	0,51												
1997	0,51												
1998	0,51	0,87	1,50	1,69	1,97	1,57	2,73	1,25	0,86	0,62	0,46	0,44	0,34
1999	0,51	0,60	1,43	1,92	3,55	2,89	2,62	1,61					0,68
2000	0,51	0,53	1,50	2,01	2,18	1,28	1,39						
2001	0,51												
2002	0,51												
2003	0,51												
2004	0,51												
2005	0,51			1,64	1,44	1,56	1,88	1,19					
2006	0,51												
2007	0,51	0,65	0,79	0,99	1,70	2,24	2,61	1,85			0,65	0,62	0,75
2008	0,51	0,54	0,94	2,71	2,66	3,10	2,46						
2009	0,51								1,05	0,79	0,60	0,46	0,50
2010	0,51												
2011	0,51	0,92	1,92	5,05	5,13	2,60							
2012	0,51						1,65	1,24	1,00	0,78	0,58		
2013	0,51												
2014	0,51												
Observado	0,55	0,95	1,64	2,05	2,31	1,10	2,29	1,45	1,02	0,87	0,66	0,45	0,29
Mediana		0,65	1,43	1,80	2,07	2,42	2,25	1,25	1,00	0,83	0,63	0,56	0,62
Erro		-0,30	-0,21	-0,25	-0,24	1,32	-0,04	-0,20	-0,02	-0,04	-0,04	0,10	0,59
Simul.Hist		0,49	1,09	2,09	2,87	1,45	1,85	1,21	0,88	0,88	0,62	0,57	0,42
Erro Modelo		-48%	-34%	2%	24%	31%	-19%	-16%	-14%	2%	-7%	25%	45%

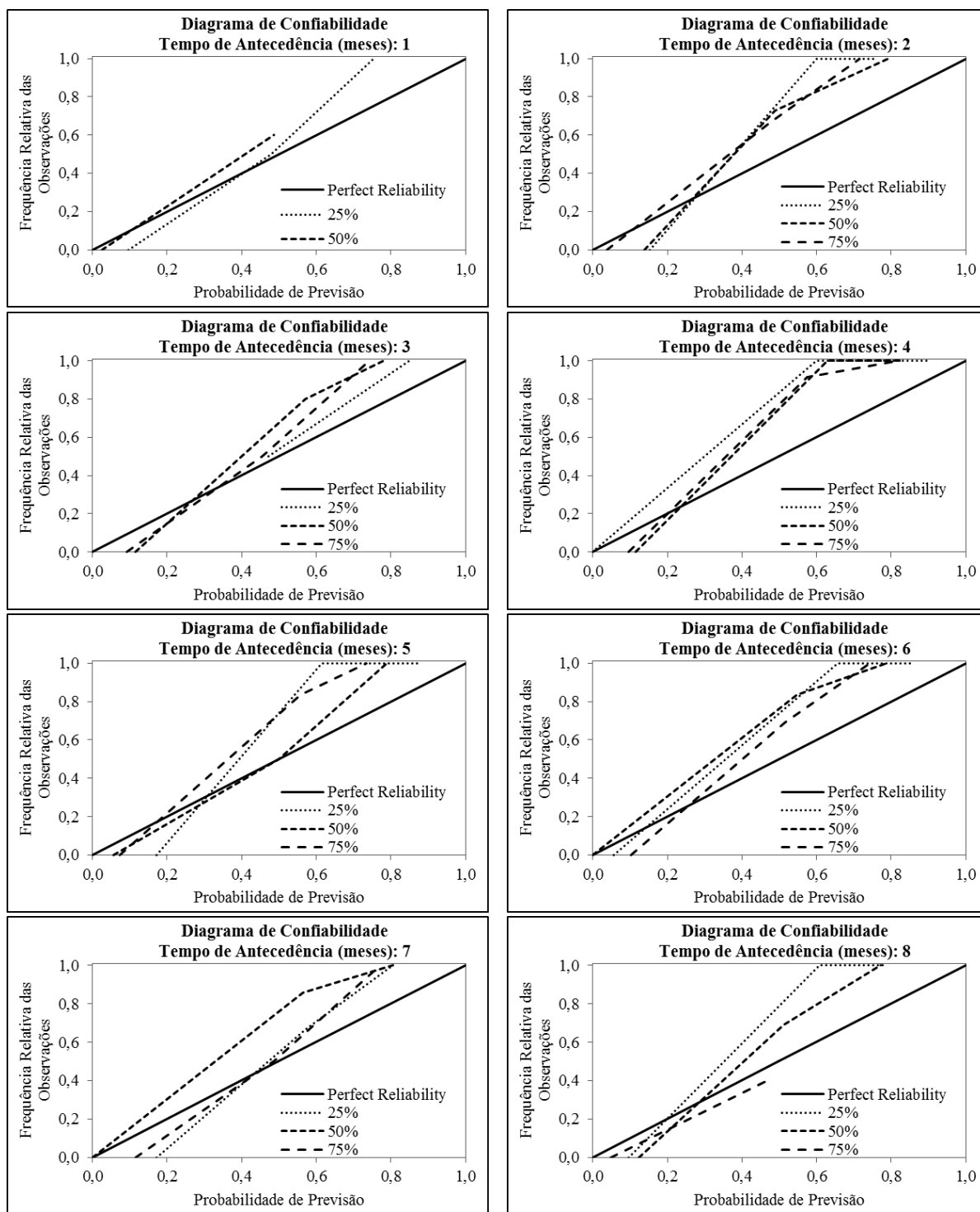


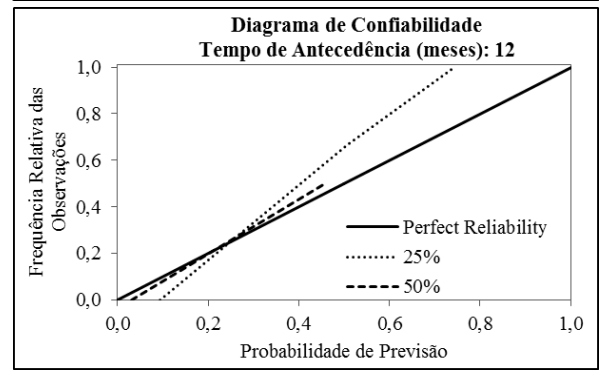
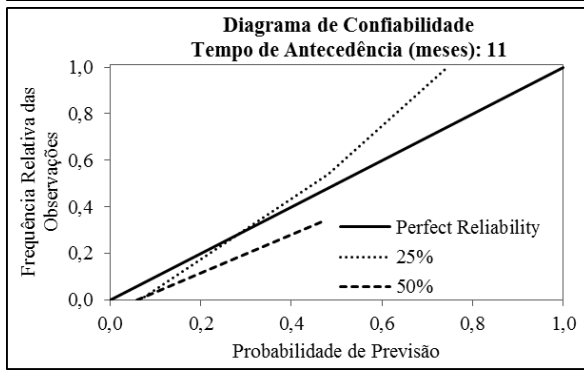
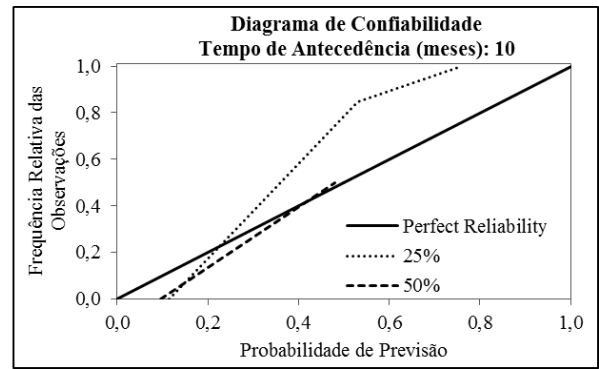
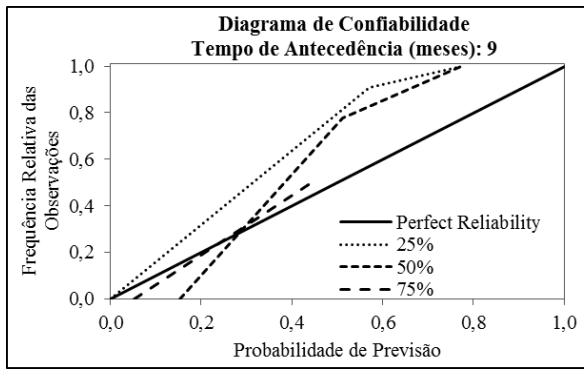
Área da bacia		Previsão de Vazões (m ³ /s) - sem reamostragem											
113 km ²													
mês	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16
1979	0,32	0,30	0,69	1,49	2,40	1,61	1,17	1,59	0,87	0,90	0,62	0,48	0,48
1980	0,32	0,19	0,54	1,30	2,04	1,04	1,38	0,92	0,67	0,68	0,48	0,45	0,33
1981	0,32	0,50	1,92	2,06	3,00	1,96	2,86	1,97	1,39	1,09	0,85	0,65	0,57
1982	0,32	0,44	0,43	1,15	3,52	3,17	3,38	3,11	1,99	1,43	1,17	0,82	0,96
1983	0,32	0,55	1,43	2,58	1,74	0,97	1,16	1,01	0,70	0,52	0,41	0,48	0,69
1984	0,32	0,32	0,58	1,58	3,70	2,41	3,43	1,72	1,34	1,04	0,77	0,61	0,68
1985	0,32	0,26	0,55	1,58	2,02	2,27	1,83	1,26	1,02	0,76	0,65	0,60	0,45
1986	0,32	0,17	0,28	1,67	1,34	1,25	1,48	1,14	0,77	0,72	0,53	0,41	0,60
1987	0,32	0,31	0,54	1,87	1,76	2,29	1,93	1,55	1,04	0,79	0,58	0,45	0,47
1988	0,32	0,37	0,46	0,87	0,65	1,70	1,56	0,82	0,59	0,65	0,58	0,48	0,48
1989	0,32	0,34	0,62	1,66	1,35	1,53	1,17	1,02	0,88	0,61	0,58	0,59	0,54
1990	0,32	0,21	0,36	0,51	3,06	1,99	2,18	1,76	1,10	0,84	0,69	0,52	0,59
1991	0,32	0,33	0,55	1,30	2,71	2,90	1,65	1,60	1,18	0,86	0,66	0,57	0,86
1992	0,32	0,33	0,64	2,20	1,91	2,55	1,54	1,53	0,95	0,97	0,66	0,54	0,67
1993	0,32	0,26	0,39	0,80	2,51	1,20	2,38	1,29	1,27	0,89	0,65	0,50	0,41
1994	0,32	0,22	0,37	1,49	1,31	1,93	2,10	1,41	1,02	0,76	0,57	0,44	0,50
1995	0,32	0,45	0,92	2,01	1,95	2,29	1,80	1,14	0,93	0,70	0,58	0,49	0,61
1996	0,32	0,26	1,29	2,50	4,05	2,71	2,82	2,47	1,62	1,45	0,99	0,74	0,99
1997	0,32	0,33	0,53	0,99	1,32	1,53	0,74	0,61	0,66	0,46	0,34	0,33	0,26
1998	0,32	0,38	0,82	1,05	1,35	1,11	2,11	0,97	0,66	0,54	0,42	0,32	0,29
1999	0,32	0,24	0,76	1,20	2,59	2,23	2,09	1,29	0,85	0,68	0,56	0,50	0,57
2000	0,32	0,21	0,80	1,27	1,52	0,90	1,02	0,60	0,52	0,38	0,30	0,32	0,30
2001	0,32	0,33	0,66	1,59	1,87	2,63	1,42	0,92	0,70	0,55	0,45	0,36	0,52
2002	0,32	0,25	0,60	1,41	3,64	1,65	2,13	1,31	1,00	0,74	0,56	0,48	0,39
2003	0,32	0,19	0,48	0,82	1,59	2,16	1,24	1,15	0,84	0,66	0,61	0,44	0,33
2004	0,32	0,25	0,33	1,09	2,10	1,86	2,05	1,24	1,10	0,84	0,61	0,47	0,57
2005	0,32	0,19	0,68	1,00	0,94	1,07	1,38	0,89	0,60	0,50	0,38	0,32	0,39
2006	0,32	0,33	0,77	1,35	2,70	1,69	1,00	0,97	0,70	0,54	0,45	0,34	0,26
2007	0,32	0,27	0,38	0,55	1,08	1,59	1,99	1,45	0,81	0,69	0,51	0,49	0,61
2008	0,32	0,22	0,46	1,73	1,90	2,36	1,95	1,22	0,85	0,88	0,60	0,51	0,55
2009	0,32	0,64	0,57	2,14	1,42	1,10	1,94	1,13	0,83	0,62	0,47	0,37	0,40
2010	0,32	0,42	1,16	1,38	1,57	0,99	1,87	1,13	0,70	0,59	0,44	0,34	0,28
2011	0,32	0,41	1,10	3,66	4,10	2,10	1,97	1,61	1,31	1,15	0,77	0,59	0,55
2012	0,32	0,21	0,56	0,53	1,08	0,82	1,18	0,92	0,75	0,58	0,43	0,33	0,35
2013	0,32	0,39	0,44	1,00	0,67	0,48	0,37	0,39	0,27	0,21	0,23	0,16	0,13
2014													
Observado	0,31	0,09	0,16	0,53	2,50	1,42	1,08	0,42	0,37	0,38	0,21	0,00	0,00
Mediana		0,31	0,57	1,38	1,90	1,70	1,83	1,22	0,85	0,70	0,58	0,48	0,50
Erro		0,22	0,41	0,85	-0,60	0,27	0,76	0,80	0,48	0,31	0,36	0,48	0,50
Simul.Hist		0,19	0,54	1,30	2,04	1,04	1,38	0,92	0,67	0,68	0,48	0,45	0,33
Erro Modelo		125%	240%	147%	-19%	-27%	29%	118%	80%	77%	123%		



Área da bacia	113	km2	Fase	Q	Previsão de Vazões (m ³ /s) - com reamostragem								
mês	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16
1979	0,32												
1980	0,32												
1981	0,32									1,09	0,85	0,65	0,57
1982	0,32	0,44	0,43	1,15	3,52	3,17	3,38	3,11					
1983	0,32												
1984	0,32												
1985	0,32												
1986	0,32		0,28	1,67	1,34	1,25	1,48	1,14	0,77	0,72	0,53	0,41	0,60
1987	0,32												
1988	0,32												
1989	0,32												
1990	0,32											0,52	0,59
1991	0,32	0,33	0,55	1,30	2,71	2,90	1,65	1,60					
1992	0,32	0,33	0,64	2,20	1,91	2,55	1,54	1,53	0,95	0,97	0,66	0,54	0,67
1993	0,32	0,26					2,38	1,29	1,27	0,89	0,65	0,50	0,41
1994	0,32	0,22	0,37	1,49	1,31								
1995	0,32												
1996	0,32							2,47	1,62	1,45	0,99	0,74	0,99
1997	0,32	0,33	0,53	0,99	1,32	1,53	0,74	0,61					
1998	0,32												
1999	0,32												
2000	0,32												
2001	0,32									0,55	0,45	0,36	0,52
2002	0,32	0,25	0,60	1,41	3,64								
2003	0,32												
2004	0,32												
2005	0,32									0,38	0,32	0,39	
2006	0,32	0,33	0,77										
2007	0,32												
2008	0,32												
2009	0,32	0,64	0,57	2,14	1,42	1,10							
2010	0,32												
2011	0,32												
2012	0,32												
2013	0,32											0,16	0,13
2014	0,32	0,28	0,55	0,51						0,35	0,26	0,20	0,34
Observado	0,31	0,09	0,16	0,53	2,50	1,42	1,08	0,42	0,37	0,38	0,21	0,00	0,00
Mediana		0,33	0,55	1,41	1,66	2,04	1,59	1,53	1,11	0,89	0,59	0,46	0,54
Erro		0,24	0,39	0,88	-0,84	0,62	0,52	1,11	0,74	0,51	0,37	0,46	0,41
Simul.Hist		0,19	0,54	1,30	2,04	1,04	1,38	0,92	0,67	0,68	0,48	0,45	0,33
Erro Modelo		125%	240%	147%	-19%	-27%	29%	118%	80%	77%	123%	-	-

APÊNDICE D – DIAGRAMAS DE CONFIABILIDADE PARA HORIZONTES DE PREVISÃO DE 1 A 12 MESES





APÊNDICE E – DIAGRAMAS DE CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS RELATIVAS (ROC) PARA HORIZONTES DE PREVISÃO DE 1 A 12 MESES

