

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL



Relatório Técnico

Nº/Ano: 27063/2016	Nº de Páginas: 14	Nº de Anexos: 0
---------------------------	--------------------------	------------------------

Título: Comparação de resultados entre a versão 3.10 e a versão 5.4 do modelo GEVAZP – geração de cenários para postos de vazões laterais e para postos artificiais, geração para usinas altamente correlacionadas em cascatas distintas, possibilidade de ajuste de AR(0) e fornecimento da tendência hidrológica por posto para o modelo DECOMP.

Departamento: Departamento de Otimização Energética e Meio Ambiente - DEA

Área de Responsabilidade: B200 **Conta de Apropriação:** 1600

Cliente: Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS
Maria Helena Teles de Azevedo

Atenção: Vinícius Forain Rocha
Alberto Sérgio Kligerman

Resumo:

Este Relatório técnico tem como objetivo comparar os resultados obtidos pelo programa GEVAZP 3.10, versão oficial, com aqueles obtidos utilizando a versão 5.4, com foco nas seguintes implementações: geração de cenários para postos de vazões laterais e para postos artificiais, geração para usinas altamente correlacionadas em cascatas distintas, possibilidade de ajuste de AR(0) e fornecimento da tendência hidrológica por posto para o modelo DECOMP.

Autores:

Felipe Treistman – PUC/RJ
Hugo Santarém Araújo - Cepel
Débora Dias Jardim Penna - Cepel
Maria Elvira Piñeiro Maceira - Cepel

Palavras-Chave:

Modelos estocásticos multivariados
Modelos autorregressivos periódicos
Geração séries sintéticas

Classificação: CONTROLADO

Gerente de Projeto

Débora Dias Jardim Penna

Tel.: 2598-6450 **Fax:** 2598-6482

E-mail: debora@cepel.br

Maria Elvira Piñeiro Maceira
Chefe do Departamento DEA

Tel.: 2598-6454 **Fax:** 2598-6482

E-mail: elvira@cepel.br

Aprovação

Roberto Pereira Caldas

Diretor de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	3
2.	ANÁLISE DA GERAÇÃO DE CENÁRIOS PARA O POSTO PIMENTAL.....	4
3.	ANÁLISE DA GERAÇÃO DE CENÁRIOS CONSIDERANDO SALTO APIACÁS NA CONFIGURAÇÃO	6
4.	FORNECIMENTO DE TENDÊNCIA HIDROLÓGICA POR POSTO PARA DECOMP	6
5.	GERAÇÃO DE CENÁRIOS PARA SOBRADINHO CONSIDERANDO POSTOS LATERAIS	8
5.1.	Classificação como usina principal	9
5.2.	Classificação como usina satélite	10
6.	GERAÇÃO DE CENÁRIOS PARA POSTOS ARTIFICIAIS.....	10
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	13

1. INTRODUÇÃO

Este Relatório técnico tem como objetivo comparar os resultados obtidos pelo programa GEVAZP 3.10, versão oficial, com os da versão 5.4, a fim de auxiliar na elaboração de testes a serem aplicados durante a validação do programa GEVAZP a ser conduzida por ONS e CCEE. Na versão 5.4 estão implementados de forma operacional um conjunto reduzido de itens considerados mais significativos e oportunos para a realização da primeira etapa da validação do programa GEVAZP, a fim de se dispor no Programa Mensal de Operação de Janeiro de 2017 das vazões dos postos de Belo Monte e Pimental de forma que as energias naturais afluentes de acoplamento do modelo DECOMP com o modelo NEWAVE sejam providas adequadamente. Os itens operacionais na versão 5.4 estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Itens operacionais na versão 5.4

Item	Descrição
1	Reprodutibilidade de resultados em micros com arquitetura diferente. Mudança na precisão numérica de variável na rotina de cálculo de distância para o processo de agregação. Esta alteração modifica os resultados na geração em formato árvore e foi realizada, pois rodadas em máquinas com configurações diferentes poderiam gerar resultados distintos o que impossibilita a reprodutibilidade dos resultados
2	Mudança de compilador (<i>Watcom</i> para <i>Intel</i>), o que ocasionou uma redução no tempo computacional do programa
3	Possibilidade de ajustar um modelo AR(0) quando for necessário
4	Geração de cenários de forma compatível para postos de vazão total/incremental e lateral para usinas afetadas pela defasagem oriunda do tempo de viagem. Esta implementação substitui as implementações anteriores relacionadas a tempo de viagem e postos incrementais
5	Geração de cenários para postos artificiais
6	Fornecimento da tendência hidrológica recente mensal e semanal por posto no arquivo de vazões gerado para o programa DECOMP
7	Geração para postos altamente correlacionados, em cascatas diferentes, porém localizadas na mesma região hidrográfica

Ao longo deste relatório técnico serão analisados os itens 3 a 7 da Tabela 1.

2. ANÁLISE DA GERAÇÃO DE CENÁRIOS PARA O POSTO PIMENTAL

Desde a versão 3.10 é realizado um procedimento automático para verificar a ordem do modelo PAR, a fim de detectar contribuições negativas de valores passados na vazão a ser gerada. Este procedimento efetua uma avaliação recursiva dos coeficientes autorregressivos, e caso detecte alguma contribuição negativa no coeficiente de ordem 1, a ordem do modelo é reduzida. Este procedimento é aplicado até que não se verifique contribuições negativas.

O procedimento de verificação automático da ordem implementado na versão 3.10 não avaliava a contribuição do coeficiente de ordem 1, pois considerava-se que a correlação temporal de ordem 1 sempre seria positiva para as usinas do SIN. Adicionalmente, como não existia na configuração do SIN usinas com correlação temporal ordem 1 não significativa, caso a ordem encontrada fosse igual a zero, o modelo interrompia a execução informando não ser possível ajustar um modelo AR(0).

Entretanto, foi verificado que o posto 288, associado à usina de Pimental (ou Belo Monte Complementar), para o mês de abril possuía uma correlação lag 1 negativa. Desta forma, ao ajustar o procedimento automático para considerar também o efeito do primeiro coeficiente do modelo AR, foi encontrado um modelo com ordem zero. Desta forma a possibilitar a geração de cenários para o posto 288, foi permitido considerar modelos com ordem zero, de acordo com o item 3 da Tabela 1.

A seguir são apresentados os resultados obtidos com a versão 3.10 e 5.4 para o posto 288.

Versão 3.10				Versão 5.4			
MES	ORDEM FINAL	COEFICIENTES DO MODELO		MES	ORDEM FINAL	COEFICIENTES DO MODELO	
1	6	0.429E+00	0.292E-01	-0.113E+00	0.360E+00	-0.285E+00	0.258E+00
2	1	0.688E+00					
3	1	0.708E+00					
4	2	-0.256E+00	0.262E+00	4	1	0.900E+00	
5	1	0.725E+00		5	1	0.725E+00	
6	1	0.913E+00		6	1	0.913E+00	
7	4	0.356E+00	0.496E+00	-0.487E+00	0.306E+00		
8	2	0.956E+00	-0.285E+00				
9	1	0.815E+00		9	1	0.815E+00	
10	4	0.816E+00	-0.126E+00	-0.185E+00	0.249E+00		
11	3	0.688E+00	-0.561E+00	0.490E+00			
12	7	0.508E+00	0.341E-01	0.281E-02	0.190E+00	-0.561E-01	0.526E+00
							-0.501E+00

Mensagem de alerta emitida pela versão 5.4

*** ROTINA: ESTPAR ***
 ALERTA: NAO FOI POSSIVEL AJUSTAR UM MODELO AR(1) PARA A USINA PIMENTAL, POIS O COEFICIENTE DE ORDEM 1 EH NEGATIVO.
 SERA CONSIDERADO UM MODELO AR(0).
 MES: 4 COEFICIENTE ORDEM 1: -0.0703

Na Tabela 2 são apresentadas as médias e desvio-padrão históricos para UHE Pimental (posto 288) obtidos pelas versões 3.10 e 5.4

Tabela 2 – Média e desvio histórico para o posto 288

Versão	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
3.10												
MÉDIA	8140.48	13429.37	18272.74	21469.5	15546.06	7400.02	2957.54	1597.18	1091.58	1116.99	1906.48	3882.3

Relatório Técnico – 27063/ 2016

DESVIO	3468.36	4193.69	5441.26	6504.2	5027.81	2945.31	720.94	348.18	241.93	341.96	619.63	1269.53
Versão 5.4	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
MÉDIA	8140.48	13429.37	18272.74	21469.5	15546.06	7400.02	2957.54	1597.18	1091.58	1116.99	1906.48	3882.3
DESVIO	3468.36	4193.69	5441.26	6504.2	5027.81	2945.31	720.94	348.18	241.93	341.96	619.63	1269.53

Na Tabela 3 é mostrada uma comparação entre os valores de média e desvio padrão histórico e gerado (2000 cenários com tendência igual à MLT) para o posto 288. Como pode ser observado, os resultados encontrados nas duas versões são idênticos tanto em média quanto em desvio padrão, até o mês de março. No mês de abril, a versão 5.4 passa a ajustar um modelo AR (0) para esse mês, conforme mostrado anteriormente, o que ocasiona uma diferença de resultados observada neste mês. Para os meses após abril, os valores também apresentam uma ligeira diferença, mesmo o modelo ajustando sendo o mesmo, pois são afetados pelos valores passados gerados a partir de abril. Deve-se ressaltar que ambos resultados são próximos aos valores históricos.

Tabela 3 – Média e desvio dos cenários gerados para o posto 288

		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA	HIST	8140.5	13429.4	18272.7	21469.5	15546.1	7400	2957.5	1597.2	1091.6	1117	1906.5	3882.3
	3.10	8264.2	13611.1	18499.5	21277.2	15449.6	7348.9	2962.6	1601.6	1095.6	1114.4	1893.2	3891.6
	5.4	8264.2	13611.1	18499.5	21286.6	15453.8	7351.5	2962.6	1601.6	1095.6	1114.4	1893.2	3891.7
DESVIO PADRÃO	HIST	3468.4	4193.7	5441.3	6504.2	5027.8	2945.3	720.9	348.2	241.9	342	619.6	1269.5
	3.10	2966.6	3871.4	5228.4	6385.1	4981.2	2943.6	727.2	348.2	246.1	360.4	614.4	1299.7
	5.4	2966.6	3871.4	5228.4	6415.3	5002.2	2950.4	725.7	348.7	246.3	360.2	614.6	1299.8

Na imagem a seguir é mostrada uma comparação dos cenários gerados para o posto 288 com as versões 3.10 e 5.4. Note que as diferenças começam a aparecer do mês de abril em diante.

POSTO: PIMENTAL (POSTO: 288)											POSTO: PIMENTAL										
CENÁRIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CENÁRIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	12744.8	12527.0	22685.9	28515.6	25489.4	12970.9	3094.2	1475.1	1185.3	1193.5	1	12744.8	12527.0	22685.9	26612.1	24488.2	12408.9	3074.3	1495.1	1191.0	1184.3
2	7207.8	8398.7	8927.7	12508.4	7989.5	1341.5	1212.5	1022.3	702.6	372.7	2	7207.8	8398.7	8927.7	13778.9	8466.2	1517.1	1214.2	1016.8	699.4	374.3
3	8263.4	20674.7	32998.0	37206.5	24491.9	11065.0	4011.5	1849.7	1057.6	1714.3	3	8263.4	20674.7	32998.0	35480.2	23814.2	10542.1	3989.3	1857.1	1061.7	1705.9
4	3844.3	13325.5	14285.4	10387.4	9972.5	7743.7	2574.5	1699.3	1200.1	1318.8	4	3844.3	13325.5	14285.4	11959.3	10645.3	8051.7	2588.6	1695.5	1197.9	1324.6
5	22466.4	23049.4	25776.5	14899.7	9354.4	2916.4	2483.4	1737.2	1273.3	956.1	5	22466.4	23049.4	25776.5	16569.0	10287.5	3399.7	2502.0	1729.4	1268.9	964.2
6	8633.5	11869.9	25415.3	37888.4	27548.3	13010.9	3789.3	3789.3	2023.6	1244.7	6	8633.5	11869.9	25415.3	35100.0	25976.0	12168.2	3754.0	2035.6	1271.5	1714.2
7	7349.9	12423.5	10639.1	22850.7	16349.3	2056.5	2241.6	1707.9	1342.7	1231.9	7	7349.9	12423.5	10639.1	24093.1	17458.9	8637.5	2269.0	1700.7	1333.7	1293.3
8	8562.1	17755.4	27618.3	22692.4	16033.0	9905.7	3256.2	1643.8	1060.9	961.9	8	8562.1	17755.4	27618.3	21528.3	13535.3	9455.2	3240.9	1648.6	1063.7	955.6
9	7010.5	13371.0	20138.8	21145.9	13560.0	6034.1	2434.4	1188.4	832.8	428.7	9	7010.5	13371.0	20138.8	20547.5	13220.7	5849.4	2426.4	1190.9	834.2	426.1
10	7314.8	9427.4	17769.4	22262.3	17486.7	11649.4	3655.3	1361.9	1050.4	913.1	10	7314.8	9427.4	17769.4	20710.8	16593.9	11197.5	3635.8	1367.7	1053.8	905.0
11	10464.2	15255.1	16809.4	13386.5	5883.1	1302.4	2330.8	1796.1	1162.3	690.5	11	10464.2	15255.1	16809.4	14610.0	6468.1	1576.9	2330.2	1786.7	1157.0	693.3
12	7804.7	14172.3	16523.4	19889.1	12378.7	5348.0	1781.3	1053.0	799.9	740.3	12	7804.7	14172.3	16523.4	20773.6	12894.0	5628.8	1791.7	1048.3	797.0	744.8
13	8357.7	11359.9	16236.8	10693.1	7236.7	1976.1	1970.7	1348.5	1124.4	1306.9	13	8357.7	11359.9	16236.8	10644.4	7207.8	1961.6	1870.2	1346.1	1124.6	1306.7
14	7765.2	15735.7	15086.4	14999.7	16119.1	6510.5	3455.7	1933.3	1254.8	1615.6	14	7765.2	15735.7	15086.4	16956.4	17230.5	7102.9	3461.4	1825.1	1250.1	1626.0
15	15061.4	26263.3	37103.4	20474.4	21847.8	8962.7	4073.6	1891.8	1111.0	1327.5	15	15061.4	26263.3	37103.4	19948.7	21566.5	8813.9	4069.0	1894.7	1112.6	1325.1
16	18342.1	25423.6	29076.4	21498.1	10634.7	4094.8	2591.8	1538.4	931.8	803.5	16	18342.1	25423.6	29076.4	22755.8	11526.4	4577.2	2605.2	1529.2	926.7	811.6
17	14087.8	22241.9	21481.4	14382.7	5449.7	2817.1	2135.9	1657.4	1227.3	1081.1	17	14087.8	22241.9	21481.4	16979.1	6625.6	3576.7	2148.6	1636.7	1215.5	1091.2
18	9501.4	20390.8	19419.9	12797.5	13083.8	6143.1	2970.3	2016.8	1212.2	892.6	18	9501.4	20390.8	19419.9	15161.5	14474.1	6901.5	3008.2	2008.0	1207.8	846.5
19	9723.8	13682.1	26289.6	18930.1	14897.5	7042.0	4470.2	2021.5	1135.3	594.6	19	9723.8	13682.1	26289.6	16571.5	13815.7	6294.9	4436.5	2091.0	1140.6	582.2
20	10117.3	14564.4	19489.0	12292.6	10592.3	5088.9	1942.0	1070.6	937.9	1101.6	20	10117.3	14564.4	19489.0	12776.6	10980.0	5247.8	1949.3	1069.6	936.7	1104.6
21	11270.0	14119.3	22128.6	25755.8	23642.3	12130.9	4123.1	1849.6	1619.9	2147.3	21	11270.0	14119.3	22128.6	24744.9	23085.6	11531.3	4111.9	1854.5	1622.5	2142.1
22	10918.7	15969.6	23023.4	30927.2	21457.1	8880.1	3383.4	1591.6	885.8	1156.4	22	10918.7	15969.6	23023.4	30319.6	21111.6	8697.0	3375.5	1594.1	887.2	1153.0
23	6795.4	9811.8	13658.8	33829.1	18535.1	10012.1	1599.8	739.0	449.5	900.0	23	6795.4	9811.8	13658.8	33508.5	18357.3	9916.5	1596.8	740.7	450.2	897.9
24	7517.8	12667.9	15787.0	24748.4	16300.8	9045.7	2719.2	1427.3	825.3	553.1	24	7517.8	12667.9	15787.0	25177.4	16544.9	9176.8	2725.0	1425.5	824.3	555.2
25	3851.9	7626.7	12805.0	34740.7	23073.2	11673.9	2596.3	1049.9	713.1	1249.6	25	3851.9	7626.7	12805.0	33808.0	22544.3	11389.1	2584.1	1053.7	716.3	1244.4
26	7702.8	13234.8	18546.0	27438.1	18010.9	10437.8	3262.8	1844.0	1095.1	1379.0	26	7702.8	13234.8	18546.0	27191.1	17870.5	10963.0	3259.6	1842.1	1095.6	1377.6
27	4529.9	9716.8	21465.1	21897.1	14012.5	6637.9	3612.5	2193.9	1251.2	1231.8	27	4529.9	9716.8	21465.1	19280.2	12527.6	5826.4	3577.4	2151.1	1251.8	1216.8
28	4715.9	10778.0	27643.4	15471.3	12463.0	4465.9	3442.9	1951.7	1178.3	1269.6	28	4715.9	10778.0	27643.4	11791.5	10289.7	3332.3	3387.0	1964.2	1185.3	1247.7
29	9687.7	15375.8	18750.3	11515.9	8269.8	4232.6	2197.7	1401.9	787.7	879.1	29	9687.7	15375.8	18750.3	13001.6	9120.0	4716.1	2220.0	1395.8	784.4	888.7
30	10855.8	18943.6	26504.0	31542.1	22487.6	10380.3	4235.2	2418.4	1756.0	1682.1	30	10855.8	18943.6	26504.0	31026.5	22194.7	10223.1	4225.0	2426.6	1757.3	1679.3
31	8927.3	16617.0	17609.2	13095.3	12919.3	5134.9	3494.5	1535.0	971.3	1425.6	31	8927.3	16617.0	17609.2	14595.1	13804.3	5609.9	3518.3	1590.1	968.5	1434.0
32	19887.7	16550.6	21927.9	20975.8	19923.1	8539.8	3228.9	1416.5	581.3	1029.5	32	19887.7	16550.6	21927.9	21204.8	20951.2	8508.2	3231.6	1415.5	580.7	1030.8
33	7916.7	12525.5	21499.5	20297.7	10677.7	4103.4	2310.4	1744.5	1134.0	1301.6	33	7916.7	12525.5	21499.5	18994.2	9939.7	3704.0	2296.9	1751.5	1138.0	1294.8
34	8712.4	15360.3	23612.9	16234.9	10523.3	4428.0	3566.6	2296.7	1508.2	1295.1	34	8712.4	15360.3	23612.9	15497.8	10502.8	4198.5	3556.5	2259.7	1510.0	1290.8
35	5859.9	10020.8	13174.6	18930.3	12414.5	6230.0	1882.1	1260.9	1065.0	1102.6	35	5859.9	10020.8	13174.6	19169.1	12850.3	6304.4	1885.2	1259.7	1064.3	1103.9
36	6639.8	16147.1	17017.9	16366.2	7966.3	2087.8	1911.8	1181.0	687.6	608.3	36	6639.8	16147.1	17017.9	17928.8	8779.2	2487.5	1919.6	1171.1	682.3	614.7
37	10729.6	12887.5	23294.9	28615.7	12655.3	5297.8	3693.6	1997.5	1062.9	773.4	37	10729.6	12887.5	23294.9	26662.3	11646.8	4750.5	3681.3	2010.4	1069.9	765.0
38	9587.6	14827.4	20163.8	29852.4	19396.6	10319.9	3277.1	1495.4	801.6	486.1	38	9587.6	14827.4	20163.8	29682.2	19900.0	10267.9	3274.9	1496.1	802.0	485.3
39	8396.6	11502.7	10174.8	17736.1	9616.5	3002.5	1801.7	1035.9	687.2	363.6	39	8396.6	11502.7	10174.8	19529.3	10536.2	3503.5	1513.0	1026.7	682.0	370.3
40	6324.6	16329.7	21044.9	28799.8	18894.4	6405.4	2719.4	1224.9	1100.0	779.7	40	6324.6	16329								

3. ANÁLISE DA GERAÇÃO DE CENÁRIOS CONSIDERANDO SALTO APIACÁS NA CONFIGURAÇÃO

Com a introdução da usina hidrelétrica de Salto Apiacás na configuração inicial das usinas hidrelétricas, a versão 3.10 ficou impossibilitada de gerar cenários por conta de problemas na classificação de usinas. A seguinte mensagem de erro era apresentada no relatório GEVAZP.ERR.

```

CEPEL      MODELO DE GERACAO DE SERIES SINTETICAS - GEVAZP  VERSAO 3.10                                PAG.   1
-----
DATA : 29-07-2016 HORA : 13:30:52 CASO : Relatório de Erros
-----

** ROTINA:CLASPOST
   OS POSTOS TELES PIRES  E SLT APIACAS  ESTAO ALTAMENTE CORRELACIONADOS, MAS NAO PERTENCEM A MESMA BACIA.
    
```

Com o aprimoramento realizada na versão 5.4, elencado no item 7 da Tabela 1, esse problema foi solucionado e, por conseguinte, fez-se possível gerar cenários sintéticos para todas as usinas normalmente. A usina hidrelétrica de Salto Apiacás foi classificada como satélite de Teles Pires, produzindo os seguintes resultados:

RESULTADOS PARA VAZOES TOTALIZADAS

```

DATA DE INICIO      :      1
DATA FINAL          :     996
SISTEMA             :SLT APIACAS
NUMERO DE ANOS DA SERIE HISTORICA :    84
NUMERO DE SEGMENTOS GERADOS      :   100
NUMERO DE ANOS DE CADA SEGMENTO  :    83
    
```

ESTATISTICAS MENS AIS

MES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
MEDIA	HIST	381.2	477.8	513.1	376.8	185.2	73.5	39.8	24.8	19.9	31.5	76.0	212.6
	GER	379.9	474.2	510.9	374.0	180.3	71.5	39.1	24.2	19.3	31.4	74.0	209.8
.....													
D. PADRAO	HIST	157.4	142.7	175.2	149.3	93.0	31.2	14.1	9.5	9.4	22.7	54.7	133.3
	GER	167.1	138.6	187.7	171.4	92.2	26.9	13.8	9.3	8.8	23.8	47.7	134.7

A metodologia empregada para cálculo dos cenários para este tipo de posto satélite pode ser consultada no manual de referência do modelo GEVAZP.

4. FORNECIMENTO DE TENDÊNCIA HIDROLÓGICA POR POSTO PARA DECOMP

Na versão 5.4 foi introduzida por demanda do ONS uma nova facilidade no GEVAZP para fornecimento da tendência hidrológica para o DECOMP por posto, de acordo com o item 6 da Tabela 1. Como na versão 3.10 esta facilidade não estava implementada não há comparação a fazer entre as duas versões relacionada com esta facilidade.

As Tabelas 4a e 4b apresentam um extrato da tendência hidrológica por posto utilizada no caso PMO JUL07-rv0 considerando vazões totais e incrementais, respectivamente. Os valores do passado recente de vazão total são fornecidos pelo usuário no arquivo histórico de vazões.

Tabela 4 – Tendência hidrológica (a) total (b) incremental

TENDÊNCIA HIDROLÓGICA - VAZÃO TOTAL

POSTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	185	139	133	82	58	52.5	31	26	42	33	89	137
2	185	139	133	82	58	52.5	31	26	42	33	89	137
6	1646	1129	1194	581	423	385.13	256	190	401	164	524	900
7	1843	1302	1406	702	502	444.03	285	207	437	185	569	1006
8	1888	1341	1454	733	521	456.63	292	211	446	190	578	1030
9	1903	1357	1475	749	528	462.07	295	213	450	192	580	1040
10	1955	1402	1533	789	550	477.67	304	217	460	198	589	1068
11	2084	1495	1662	866	598	512.07	322	228	482	211	614	1133
211	471	350	322	179	134	117.2	81	65	117	72	203	341
...

(a)

TENDÊNCIA HIDROLÓGICA - VAZÃO INCREMENTAL

POSTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	185	139	133	82	58	53	31	26	42	33	89	137
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1175	779	872	402	289	268	175	125	284	92	321	559
7	197	173	212	121	79	59	29	17	36	21	45	106
8	45	39	48	31	19	13	7	4	9	5	9	24
9	15	16	21	16	7	5	3	2	4	2	2	10
10	52	45	58	40	22	16	9	4	10	6	9	28
11	129	93	129	77	48	34	18	11	22	13	25	65
211	286	211	189	97	76	65	50	39	75	39	114	204
...

(b)

Na figura abaixo é apresentado um eco parcial do arquivo de vazões fornecido ao programa DECOMP (VAZOES.RV0). Na terceira linha da área destacada em vermelho estão os números dos postos e na quarta linha os valores da tendência hidrológica incremental de cada posto. Como exemplo, pode-se verificar que os valores relativos ao mês de agosto/2015, destacados na área vermelha são idênticos aos fornecidos pelo usuário.

REGISTRO No.: 1042										
VAZÃO INCREMENTAL	OBSERVADA MES									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
31	0	0	0	0	175	29	7	3	9	18
REGISTRO No.: 1043										
VAZÃO INCREMENTAL	OBSERVADA MES									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
26	0	0	0	0	125	17	4	2	4	11
REGISTRO No.: 1044										
VAZÃO INCREMENTAL	OBSERVADA MES									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
42	0	0	0	0	284	36	9	4	10	22
REGISTRO No.: 1045										
VAZÃO INCREMENTAL	OBSERVADA MES									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
33	0	0	0	0	92	21	5	2	6	13
REGISTRO No.: 1046										
VAZÃO INCREMENTAL	OBSERVADA MES									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
89	0	0	0	0	321	45	9	2	9	25
REGISTRO No.: 1047										
VAZÃO INCREMENTAL	OBSERVADA MES									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
137	0	0	0	0	559	106	24	10	28	65
REGISTRO No.: 1048										
VAZÃO INCREMENTAL	OBSERVADA MES									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
185	0	0	0	0	1175	197	45	15	52	129
REGISTRO No.: 1049										
VAZÃO INCREMENTAL	OBSERVADA MES									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
139	0	0	0	0	779	173	39	16	45	93
REGISTRO No.: 1050										
VAZÃO INCREMENTAL	OBSERVADA MES									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
133	0	0	0	0	872	212	48	21	58	129

Ressalta-se que esta implementação visa garantir a consistência entre os valores passados e os cenários gerados nos estudos do DECOMP.

5. GERAÇÃO DE CENÁRIOS PARA SOBRADINHO CONSIDERANDO POSTOS LATERAIS

Foi implementada no programa GEVAZP uma nova funcionalidade capaz que gerar cenários compatíveis de vazão total e lateral para usinas afetadas pelo tempo de viagem, item 4 da Tabela 1.

Para avaliar esta nova funcionalidade, foi realizada uma geração não condicionada para avaliar o conjunto de cenários de vazões laterais para a usina de Sobradinho usando a versão 3.10 e a versão 5.4. Nesta última versão foi considerada a geração compatibilizada entre o posto total e posto lateral de Sobradinho (alternativa 1), e a geração utilizando uma regra de cálculo de propagação linear (alternativa 2). O uso da alternativa 1 ou 2 impacta apenas a geração para o posto total, a geração para o posto de vazão lateral não se altera.

Para o caso da versão 3.10 foi utilizada o arquivo com histórico de vazões VAZOESC.DAT, onde o posto 169 é o somatório do posto 168 (Sobradinho lateral) com o posto 156 (Três Marias) e o posto 158 (Queimado). Já para os casos da versão 5.4, foi utilizado o arquivo VAZOES.DAT em que o posto 169 intrinsecamente já carrega a informação de tempo de viagem.

Na versão 5.4 foi feito um aprimoramento na geração dos cenários para os postos laterais quando estes são classificados com satélites, para maiores detalhes consulte o manual de referência do modelo GEVAZP.

5.1. Classificação como usina principal

A seguir são apresentados os resultados para usina de Sobradinho considerando sua classificação como usina principal. Para tanto, foram retiradas da configuração todas as usinas a jusante de Sobradinho. Esta configuração não é real, e foi utilizada apenas para efeito ilustrativo.

A análise realizada abaixo é feita a comparação dos valores gerados para o posto de Sobradinho lateral (168). Para comparar os valores gerados para o posto lateral de Sobradinho, serão utilizados os valores incrementais gerados na versão 3.10 para o posto 169, e os valores gerados para o posto 168 na versão 5.4. As duas séries históricas são idênticas. Pode-se observar na Tabela 5 que em ambas versões e alternativas a geração ficou bastante próxima dos valores históricos. As diferenças são atribuídas à utilização de um ruído diferente para a geração do posto 168 na versão 5.4.

Tabela 5 – Média e desvio gerados para Sobradinho posto lateral (168) - Principal

	3.10		5.4 Alternativa 1		5.4 Alternativa 2	
	Média	D. Padrão	Média	D. Padrão	Média	D. Padrão
Jan	3241.7	1072	3266.7	1076.1	3266.7	1076.1
Fev	3387.9	1548.9	3290.7	1521.1	3290.7	1521.1
Mar	3466.1	2058.7	3289.5	2006.7	3289.5	2006.7
Abr	2746.3	1322	2640.3	1288	2640.3	1288
Mai	1701.5	1033.1	1616.4	954.4	1616.4	954.4
Jun	1147.4	444.2	1101.1	439.1	1101.1	439.1
Jul	985.0	312	942	309.5	942	309.5
Ago	864.1	258.6	831.8	252.4	831.8	252.4
Set	773.0	229.2	748	230.5	748	230.5
Out	838.1	285.5	816.1	294.2	816.1	294.2
Nov	1354.0	575.9	1355.5	587.3	1355.5	587.3
Dez	2407.7	868.2	2400.8	844.3	2400.8	844.3

5.2. Classificação como usina satélite

Na próxima análise a ser feita levou-se em conta a classificação da usina de Sobradinho como satélite, isto é, considerou-se a configuração original do sistema. Neste caso, o posto total/incremental (posto 169) será obtido com o procedimento tradicional de cálculo para satélite, já para o posto lateral (posto 168) será ajustado um modelo PARP e o ruído gerado será correlacionado com suas usinas principais a montante e a jusante. Os resultados obtidos desta forma podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 – Média e desvio gerados para Sobradinho posto lateral (168) - Satélite

	3.10		5.4. Alternativa 1		5.4. Alternativa 2	
	Média	D.Padrão	Média	D.Padrão	Média	D.Padrão
Jan	3241.7	1069.1	3255.9	1075.2	3255.9	1075.2
Fev	3388.0	1589.4	3383.4	1545.5	3383.4	1545.5
Mar	3466.1	2002.7	3377.7	1988.3	3377.7	1988.3
Abr	2746.3	1362.6	2723.3	1327.2	2723.3	1327.2
Mai	1697.7	1029.9	1669.2	1032.6	1669.2	1032.6
Jun	1144.6	440.6	1129.9	444.3	1129.9	444.3
Jul	982.7	303.6	965.8	311	965.8	311
Ago	864.1	253.4	853.4	258	853.4	258
Set	773.0	225.0	762.2	230.4	762.2	230.4
Out	838.6	278.0	837.3	287.1	837.3	287.1
Nov	1354.0	571.2	1354.3	582.2	1354.3	582.2
Dez	2407.8	889.9	2425.2	856.2	2425.2	856.2

6. GERAÇÃO DE CENÁRIOS PARA POSTOS ARTIFICIAIS

Para a geração de cenários de vazão sintética para postos artificiais, nova funcionalidade listada como item 5 da Tabela 1, adotou-se as regras descritas no RE ONS 0205/2015 – ATUALIZAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÕES – PERÍODO 1931 A 2014. As regras são fornecidas pelo usuário em um arquivo específico.

Para mostrar que os dados de vazão sintética gerados pelo programa GEVAZP para os postos artificiais seguem as regras do relatório supracitado, apresentou-se os valores gerados pelo programa GEVAZP e aqueles calculados manualmente, seguindo-se as regras. As usinas hidrelétricas escolhidas para demonstrar essa igualdade foram Jordão, Lajes e Pimental. As fórmulas para Jordão e Lajes encontram-se no mesmo relatório, a saber:

70	JORDÃO	Iguaçu	Jordão e Iguaçu	Operação	Artificial	= vaz(73) – min(vaz(73) – 10 m³/s; 173,5 m³/s)	Reduzida da vazão desviada para o rio Iguaçu a montante de Segredo
132	LAJES	Paraíba do Sul	Ribeirão das Lajes	Operação	Artificial	= vaz(202) + min(vaz(201) ; 25 m³/s)	Com acréscimo do Desvio em Tocos limitado em, no máximo, 25 m³/s

As regras para o cálculo da vazão da usina hidrelétrica de Pimental, todavia, não estão presentes no relatório RE ONS 0205/2015. Para esta usina hidrelétrica, as regras¹ são apresentadas no quadro abaixo:

288 - Posto de vazão natural, utilizado em Pimental (Q288) para efeitos de acompanhamento dos dados hidráulicos.

292 - Posto de vazão artificial, utilizado em Belo Monte Principal (Q292), com a seguinte regra:

Se $Q288 \leq QTVR$, $Q292 = 0$

Se $QTVR < Q288 \leq QTVR + 13900$, $Q292 = Q288 - QTVR$

Se $Q288 > QTVR + 13900$, $Q292 = 13900$

QTVR -> Trecho de vazão reduzida.

Anexo III - Vazões médias a serem mantidas no trecho de vazão reduzida (TVR), em m³/s

Hidrograma	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
A	1100	1600	2500	4000	1800	1200	1000	900	750	700	800	900
B	1100	1600	4000	8000	4000	2000	1200	900	750	700	800	900

Os resultados apresentados nas Tabelas 7 a 9 mostram a igualdade entre os dados. Para as UHEs Jordão e Pimental, os resultados calculados foram idênticos aos gerados pelo programa GEVAZP. Com isso, para simplificação, não se mostrou todos os cenários destas duas usinas hidrelétricas. Para Lajes, vê-se diferenças entre os valores gerados e os calculados; porém, tais diferenças são muito pequenas e ocorrem em razão da precisão de casas decimais dos dados. Os cenários não listados para a UHE Lajes são aqueles que não apresentaram diferenças entre valores calculados e valores gerados.

¹ Regras informadas à equipe do programa GEVAZP pela GPD3 – Gerência de Recursos

Hídricos e Meteorologia, do ONS – Operador Nacional do Sistema, através de correio eletrônico no dia 7 de julho de 2016.

Tabela 7 – Valores calculados Jordão

Jordão					
(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(iv - v)
Cenário	Vaz(73)	Min(Vaz(73)-10; 173.5)	Vaz(70) Calculada	Vaz(70) Gerada	Diferença
1	60.2	50.2	10	10.0	0.0
2	109.3	99.3	10	10.0	0.0
3	93.5	83.5	10	10.0	0.0
4	49.4	39.4	10	10.0	0.0
5	368.8	173.5	195.3	195.3	0.0
6	164.3	154.3	10	10.0	0.0
7	110.6	100.6	10	10.0	0.0
8	79.2	69.2	10	10.0	0.0
9	63.2	53.2	10	10.0	0.0
10	32.7	22.7	10	10.0	0.0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
343	56.5	46.5	10	10.0	0.0
344	30.5	20.5	10	10.0	0.0
345	59.2	49.2	10	10.0	0.0
346	34.6	24.6	10	10.0	0.0
347	121.6	111.6	10	10.0	0.0
348	50.7	40.7	10	10.0	0.0
349	106.5	96.5	10	10.0	0.0
350	81.5	71.5	10	10.0	0.0
351	75.8	65.8	10	10.0	0.0
352	144.0	134	10	10.0	0.0
353	162.0	152	10	10.0	0.0

Tabela 8 – Valores calculados Lajes

Lajes						
(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(vi)	(v-vi)
Cenários	Vaz(202)	Vaz(201)	Min(vaz(201); 25)	Vaz(132) Calculada	Vaz(132) Gerada	Diferença
1	2.2	5.0	5	7.2	7.1	0.1
2	0.5	2.0	2	2.5	2.4	0.1
3	1.6	05.0	5	6.6	6.7	0.1
4	1.4	03.9	3.9	5.3	5.2	0.1
5	1.2	03.8	3.8	5	5.1	0.1
6	1.2	04.0	4	5.2	5.3	0.1
7	1.4	04.4	4.4	5.8	5.9	0.1
8	4.4	07.5	7.5	11.9	12.0	0.1
9	2.1	04.2	4.2	6.3	6.2	0.1
10	1.6	04.5	4.5	6.1	6.0	0.1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
343	2.5	06.2	6.2	8.7	8.6	0.1
344	1.5	04.9	4.9	6.4	6.3	0.1
345	3.6	07.2	7.2	10.8	10.7	0.1
346	2.5	05.9	5.9	8.4	8.3	0.1
347	2.5	05.7	5.7	8.2	8.3	0.1
348	1.5	05.1	5.1	6.6	6.5	0.1
349	2	04.3	4.3	6.3	6.4	0.1
350	1.1	03.3	3.3	4.4	4.3	0.1
351	1.9	04.7	4.7	6.6	6.7	0.1
352	1.6	04.9	4.9	6.5	6.4	0.1
353	1.5	04.2	4.2	5.7	5.6	0.1

Tabela 9 – Valores calculados Pimental

Pimental					
Cenários	Q(TVR) do mês estocástico	(i)	(ii)	(iii)	((ii - iii)
		Vaz(288)	Vaz(292) Calculada	Vaz(292) Gerada	Diferença
1	900	1521.9	900.0	900	0.0
2	900	1198.8	900.0	900	0.0
3	900	1313	900.0	900	0.0
4	900	1379.9	900.0	900	0.0
5	900	871.9	871.9	871.9	0.0
6	900	995.2	900.0	900	0.0
7	900	1220.9	900.0	900	0.0
8	900	946.9	900.0	900	0.0
9	900	1108.9	900.0	900	0.0
10	900	1123.2	900.0	900	0.0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
343	900	837.8	837.8	837.8	0.0
344	900	1253.5	900.0	900	0.0
345	900	967.9	900.0	900	0.0
346	900	1076.4	900.0	900	0.0
347	900	1113.6	900.0	900	0.0
348	900	961.7	900.0	900	0.0
349	900	1394	900.0	900	0.0
350	900	967.6	900.0	900	0.0
351	900	819.4	819.4	819.4	0.0
352	900	1032.2	900.0	900	0.0
353	900	1206.6	900.0	900	0.0

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Relatório Técnico teve como objetivo comparar os resultados obtidos pelo programa GEVAZP versão 3.10 com a versão 5.4, a fim de auxiliar na elaboração de testes a serem aplicados durante a validação do programa GEVAZP a ser conduzida por ONS e CCEE.

Na versão 5.4 do programa GEVAZP se encontram implementados de forma operacional um conjunto de 7 itens considerados mais significativos, de acordo com a Tabela 1, reproduzida abaixo.

Este Relatório Técnico compreende a análise apenas dos itens 3 a 5 da Tabela 1.

Dada a configuração atual do PMO, a alteração listada no item 3 da Tabela 1, causa impacto apenas na modelagem do posto 288 (Pimental).

Os itens 4 a 7 da Tabela 1 são relativos a novas funcionalidades solicitadas durante os últimos 12 meses pelo ONS. Nas seções 3 a 6 desse Relatório Técnico foram apresentados alguns resultados para avaliar tais funcionalidades.

Tabela 1 – Itens operacionais na versão 5.4

Item	Descrição
1	Reprodutibilidade de resultados em micros com arquitetura diferente. Mudança na precisão numérica de variável na rotina de cálculo de distância para o processo de agregação. Esta alteração modifica os resultados na geração em formato árvore e foi realizada, pois rodadas em máquinas com configurações diferentes poderiam gerar resultados distintos o que impossibilita a reprodutibilidade dos resultados
2	Mudança de compilador (<i>Watcom</i> para <i>Intel</i>), o que ocasionou uma redução no tempo computacional do programa
3	Possibilidade de ajustar um modelo AR(0) quando for necessário
4	Geração de cenários de forma compatível para postos de vazão total/incremental e lateral para usinas afetadas pela defasagem oriunda do tempo de viagem. Esta implementação substitui as implementações anteriores relacionadas a tempo de viagem e postos incrementais
5	Geração de cenários para postos artificiais
6	Fornecimento da tendência hidrológica recente mensal e semanal por posto no arquivo de vazões gerado para o programa DECOMP
7	Geração para postos altamente correlacionados, em cascatas diferentes, porém localizadas na mesma região hidrográfica