



Ministério de Minas e Energia

CPAMP - Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico

MEMÓRIA DE REUNIÃO

Data: 06 de dezembro de 2017

Horário: 11h00

Local: Sala 703 – Secretaria Executiva – 7º andar

Participantes: MME, EPE, ANEEL, CCEE e ONS.

Anexos: Apresentações sobre os testes no modelo NEWAVE com 12 REE.

1. ABERTURA

A reunião foi aberta pelo Chefe da Assessoria Especial em Assuntos Regulatórios do Ministério de Minas e Energia - MME, que agradeceu a presença de todos e apresentou a seguinte pauta: (i) divulgação dos testes realizados sobre as diferenças de CMO com 9 e 12 reservatórios equivalentes de energia – REE; (ii) regimento interno da CPAMP; e (iii) cronograma anual de trabalhos da CPAMP para o ano de 2018.

2. ADOÇÃO DE VERSÃO DO NEWAVE COM 12 REE

Após discussões, a CPAMP sinalizou as seguintes conclusões sobre a versão do Newave com 12 REE:

- Não há erro de implementação;
- Não há comportamento sistemático de queda ou elevação do CMO e, conseqüentemente, do despacho térmico;
- É natural que se avance em melhor representação da árvore de cenários, de forma a reduzir a variabilidade amostral, em agenda ordinária de aprimoramento dos modelos computacionais;
- A aprovação da adoção deste modelo ocorreu em 27 de julho de 2017, conforme ata da CPAMP publicada no *site* do MME, e, em acordo com a Resolução CNPE nº 07/2016, entrará em vigor na primeira semana operativa do ano de 2018.

As instituições presentes lembraram que o tema foi abordado também nas reuniões do CMSE. Mais recentemente, no dia 13 de novembro de 2017, foi realizado seminário pela CCEE, com participação do GT Metodologia da CPAMP e do CEPEL, para dar ampla divulgação dos resultados dos testes aos agentes de mercado. A apresentação feita pelo CEPEL na oportunidade encontra-se anexa.

Assim, a CPAMP registra a deliberação ocorrida em sua reunião de 27 de julho de 2017 pela aprovação dos seguintes itens:

I - Adoção da metodologia de seleção de cortes de modo a aumentar a eficiência computacional do modelo NEWAVE, conforme recomendação do Relatório Técnico do GT Metodologia da CPAMP – nº 001-2017_rv0 de 05 de julho de 2017;

II - Adoção da topologia G (12 REEs), conforme recomendação do Relatório Técnico do GT Metodologia da CPAMP – nº 001-2017_rv0 de 05 de julho de 2017; e

III - Consideração nos modelos NEWAVE e DECOMP das perdas elétricas nas interligações variáveis ao longo dos anos do horizonte de planejamento de forma explícita nos modelos, conforme recomendação do Relatório Técnico do GT Metodologia da CPAMP – nº 002-2017_rv0 de 05 de julho de 2017.

3. REGIMENTO INTERNO DA CPAMP

A CPAMP solicitou que a SEE/MME e a EPE retomem os trabalhos de elaboração do regimento interno, tomando por base o existente para o CMSE, para aprovação no primeiro semestre de 2018.

4. CRONOGRAMA ANUAL DE TRABALHOS DA CPAMP PARA 2018

A CPAMP priorizou os seguintes temas de trabalho para compor a pauta com as principais atividades da Comissão no ano de 2018:

1. Modelo DESSEM – preço horário;
2. Representação da árvore de cenários e variabilidade amostral;
3. Mecanismos de Aversão ao Risco;
4. Modelo NEWAVE com usinas hidrelétricas representadas de forma individualizada;
5. Representação hidrológica – geração de cenários e previsão de vazões.

Conforme o parágrafo 3º do Art. 2º da Resolução CNPE nº 07/2016, o MME publicará até 31 de dezembro de 2017, o cronograma anual de trabalhos da CPAMP.

5. DELIBERAÇÕES/CONCLUSÕES:

- 5.1. A CPAMP entendeu não haver erros de implementação relacionados à funcionalidade de 12 REEs do modelo NEWAVE;
- 5.2. A SEE/MME e a EPE devem retomar os trabalhos de elaboração do regimento interno, para aprovação no primeiro semestre de 2018;
- 5.3. A CPAMP divulgou os principais temas a comporem o cronograma anual de trabalhos para o ano de 2018.

**ANEXOS – APRESENTAÇÕES SOBRE TESTES NO
MODELO NEWAVE COM 12 REE**

SEMINÁRIO MODELO NEWAVE ESTUDOS DA REPRESENTAÇÃO DE 12 RESERVATÓRIOS EQUIVALENTES A PARTIR DE 2018

Assessoria Técnica:



Apresentação para Agentes
13 de Novembro de 2017

Contexto da CPAMP e do GT de Metodologia

Regulação

- ✓ **Resolução CNPE nº 01/2007:** O Conselho Nacional de Política Energética – CNPE determinou que o Ministério de Minas e Energia - MME **instituísse a CPAMP** - Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico que tem como finalidade garantir a coerência e a integração das metodologias e programas computacionais utilizados pelo MME, pela EPE, pelo ONS e pela CCEE.
- ✓ **Portaria MME nº 47/2008:** Institui a CPAMP com a seguinte **composição:**
 - I – MME: SE, SEE, SPE
 - IV - Agência Nacional de Energia Elétrica;
 - V - Empresa de Pesquisa Energética;
 - VI - Operador Nacional do Sistema Elétrico; e
 - VII - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
 - * A coordenação dos trabalhos da CPAMP será do Secretário-Executivo do MME.
 - * O Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL participará das reuniões da CPAMP e prestará a assessoria técnica necessária aos trabalhos da mesma.
 - * **Na condução das suas atividades, a Comissão poderá convidar representante de outros órgãos, entidades e associações vinculadas ao Setor Elétrico Brasileiro.**
 - * A CPAMP poderá constituir Grupos de Trabalho para realização de estudos específicos.

Contexto da CPAMP e diretrizes para alteração

Regulação

✓ Resolução CNPE nº 07/2016:

- ✓ Estabelece as diretrizes para alteração dos dados de entrada, dos parâmetros e das metodologias da cadeia de modelos computacionais de suporte ao planejamento e à programação da operação eletroenergética e de formação de preço no setor de energia elétrica.

Art. 2º Cabe à Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico – CPAMP propor e revisar, com periodicidade não inferior a um ano, a representação do sistema físico, os parâmetros e as metodologias dos modelos computacionais.

...

§ 1º As proposições e revisões tratadas neste artigo devem entrar em vigor na primeira semana operativa do ano civil subsequente, desde que aprovadas até o dia 31 de julho do ano em curso.

§ 2º A aprovação de que trata o § 1º será precedida de consulta pública, com a possibilidade de realização de sessões presenciais.

§ 3º O MME publicará cronograma anual de trabalhos da CPAMP, até 31 de dezembro de cada ano.

§ 4º Excepcionalmente para o ano de 2017, o cronograma de que trata o § 3º será publicado até 31 de março.

Contexto da CPAMP

Andamento dos Trabalhos

✓ Atividades priorizadas para 2017

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



GT
“Questões
Metodológicas”

#	Atividades em desenvolvimento no primeiro semestre visando aprovação até 31/07/2017, nesse caso estando aptas para serem consideradas na operação e formação de preços em <u>jan/2018</u>	Descrição Resumida	Produto
1	Procedimento de aumento da eficiência computacional do modelo Newave	Validar metodologia de estratégias de solução do algoritmo PDDE que permitam reduzir o tempo de simulação do NEWAVE a partir da eliminação de cortes na função de custo futuro. Este aperfeiçoamento permitirá maior eficiência computacional, que por sua vez, permite avançar na representação de 12 reservatórios equivalentes de energia.	Recomendação da utilização de uma nova versão do NEWAVE com eliminação de cortes a partir de janeiro de 2018, simultaneamente com a definição do número de REEs a serem utilizados.
2	Revisão do horizonte de simulação no modelo Newave para estudos de planejamento, operação e formação de preços	Elaborar estudos que permitam a tomada de decisão quanto ao horizonte adequado para a simulação do modelo Newave para estudos de planejamento, a operação (PMO) e formação de preços.	Relatório apresentando resultados dos números de anos adequados para os estudos do planejamento, operação e formação de preços.
3	Representação explícita das perdas nos modelos Newave e Decomp	Estudo para avaliação da melhor forma de representação explícita das perdas e avaliação da funcionalidade “loss” do NEWAVE e correspondente no Decomp.	Relatório apresentando resultados quanto à melhor modelagem das perdas nos modelos NEWAVE e Decomp para os distintos estudos de planejamento, operação e formação de preço.

Contexto da CPAMP

Andamento dos Trabalhos

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



✓ Atividades priorizadas para 2017

#	Atividades em desenvolvimento ao longo de 2017 visando aprovação até 31/07/2018, nesse caso estando aptas para serem consideradas na operação e formação de preços em jan/2019	Descrição Resumida	Produto
4	Mecanismos de Aversão a Risco	Estudos de alternativas de mecanismos de aversão a risco e determinação da melhor opção a ser implementada (incluindo sua parametrização) nos modelos da cadeia de planejamento, operação e formação de preços.	Elaboração de Relatório contendo mecanismo de aversão ao risco escolhido, sua parametrização e recomendação da utilização de novas versões dos modelos da cadeia compatíveis com a recomendação do grupo para aplicação nos estudos de planejamento, operação e formação de preços a partir de jan/2019.
5	DESSEM - Modelo Computacional a usinas individualizadas com discretização temporal de até meia hora e representação da rede de transmissão e aspectos operativos de curto prazo para um horizonte de até duas semanas	Estudos para validação metodológica do modelo DESSEM visando a sua utilização na cadeia de modelos energéticos existentes (acoplamento com o modelo DECOMP) para a operação e formação de preços.	Elaboração de Relatório e recomendação da utilização de uma versão do modelo compatível com a recomendação do grupo para aplicação nos estudos de programação e formação de preços a partir de jan/2019.
6	NEWAVE Individualizado - Versão do modelo NEWAVE com usinas hidrelétricas representadas de forma individualizada.	Estudos para validação metodológica de nova versão do modelo NEWAVE que permite representação do sistema de geração hidroelétrico individualizado e equivalente em horizontes de tempos distintos	Elaboração de Relatório e recomendação da utilização de uma versão do modelo compatível com a recomendação do grupo para aplicação nos estudos de planejamento, operação e formação de preços a partir de jan/2019.
7	Metodologia de cálculo da Função Custo do Déficit	Estudos para avaliação da metodologia proposta por projeto de Pesquisa e Desenvolvimento relativo ao "cálculo da função de custo de déficit" e recomendação da função de custo de déficit nos estudos de planejamento, operação e formação de preços	Elaboração de Relatório e recomendação da utilização de nova Função de Custo do Déficit para aplicação nos estudos de planejamento, operação e formação de preços a partir de jan/2019.
8	Elaboração de indicadores e métricas para avaliação da segurança energética	Estudos para avaliação de metodologia para estabelecimento de indicadores e métricas para a avaliação da segurança energética do SIN	Relatório apresentando resultados dos indicadores recomendados para a segurança energética do SIN.

Contexto da CPAMP

Andamento dos Trabalhos

✓ Atividades priorizadas para 2017

Ao longo do primeiro semestre de 2017 dois pontos foram aprovados pela Plenária CPAMP e submetidos à Consulta Pública pelo MME:

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PORTARIA Nº 263/GM, DE 10 DE JULHO DE 2017

O MINISTRO DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 87, parágrafo único, incisos II e IV, da Constituição, tendo em vista o disposto no art. 1º da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, no art. 31, § 1º, da Lei nº 9.784, de 29 de janeiro de 1999, e o que consta no Processo nº 48330.000523/2017-05, resolve:

Art. 1º Divulgar, para Consulta Pública, os Relatórios Técnicos do Grupo de Trabalho de Metodologia da Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico - CPAMP, que tratam da representação de perdas elétricas nos modelos computacionais e de eficiência do Modelo NEWAVE, cujos documentos e informações pertinentes podem ser obtidos na página do Ministério de Minas e Energia na internet, no endereço www.mme.gov.br, Portal de Consultas Públicas.

Art. 2º As contribuições dos interessados para o aprimoramento da proposta de que trata o art. 1º serão recebidas pelo Ministério de Minas e Energia, por meio do citado Portal, pelo prazo de dez dias, contados da data de publicação desta Portaria.

Art. 3º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

Contexto da CPAMP

Andamento dos Trabalhos

✓ Reunião Ampla para apresentação dos resultados dos estudos

Em 14/07/2017 foi feita uma Reunião Ampla para os agentes para apresentação dos resultados dos trabalhos e esclarecimento de dúvidas.

A Reunião foi realizada no Auditório do ONS com participação dos agentes.





Data: 27/07/2017

Horário: 17h30

Tema da Reunião: Reunião Plenária da CPAMP

Participantes: EPE, ONS, CCEE, CEPEL, ANEEL

Contexto da CPAMP

Andamento dos Trabalhos

✓ Atividades priorizadas para 2017

Após a análise das contribuições a Plenária CPAMP aprovou as proposições do GT Metodologia, conforme Ata:

RESUMO DOS ASSUNTOS TRATADOS:

Aprovação das atividades do GT Metodologias, aprovação da proposta de criação de Subgrupo Trabalho sobre o DESSEM, priorização de temas do GT Metodologias.

DELIBERAÇÕES (providências/ações futuras/prazos):

1. A plenária da CPAMP aprovou, para entrar em vigor na primeira semana operativa de 2018, as proposições contidas nos Relatórios do GT Metodologias que tratam de (i) Procedimento de aumento da eficiência computacional do modelo NEWAVE; e (ii) representação de perdas elétricas, sem alterações em relação ao conteúdo proposto em consulta pública. Foram aprovadas, ainda, as respostas às contribuições recebidas na consulta. Essas respostas serão consolidadas pelo GT em relatório específico, a ser disponibilizado no ambiente de consulta, na página do Ministério, em conjunto com esta Memória de Reunião.
2. A plenária da CPAMP aprovou a criação de subgrupo, sob coordenação do ONS e da CCEE, para conduzir os estudos de implantação do DESSEM. O subgrupo desenvolverá cronograma de trabalho, com foco na adoção operacional do modelo a partir de 2019.
3. A plenária da CPAMP aprovou a priorização de trabalhos do GT Metodologias, focando nos temas para implantação em 2019, o que exige aprovação até 31/7/2018, com a seguinte hierarquização: (1) DESSEM; (2) Estudos dos Mecanismos de Aversão ao Risco e; (3) Representação individualizada de reservatórios no modelo computacional NEWAVE.

Contexto da CPAMP

Andamento dos Trabalhos

✓ Atividades priorizadas para 2017

Após a análise das contribuições a Plenária CPAMP aprovou as proposições do GT Metodologia, conforme Relatório Técnico do GT Metodologia da CPAMP nº 001-2017_rv0 de 05 de julho de 2017

6. Recomendações

A metodologia está apta para ser considerada na primeira semana operativa de janeiro de 2018 para os processos da operação e formação de preço. Recomenda-se que nesta ocasião também seja adotada a topologia G (12 REEs), conforme previsto pelo Relatório Técnico Avaliação da Representação do SIN em Reservatórios Equivalentes de Energia – REE (2015) [7].

Este relatório deverá subsidiar uma consulta pública sobre o tema.

A versão 23.1.3 do modelo NEWAVE, utilizada para as sensibilidades aqui apresentadas, deverá seguir para validação na FT- NEWAVE, inclusive para definição da parametrização adequada para as distintas aplicações (PMO, PLD, cálculo de garantia física, PDE e PEN), posto que esta parametrização será pautada na redução de tempo computacional. Cabe ressaltar que esta recomendação é pautada na conclusão de que as soluções são equivalentes, independente da parametrização.



Contexto da CPAMP

Andamento dos Trabalhos

- ✓ Realização do Workshop de MAR em maio de 2017
- ✓ Realização do Workshop de Vazões em outubro de 2017



Contexto da CPAMP

Andamento dos Trabalhos



- ✓ No início de outubro de 2017 o ONS apresentou estudos no CMSE comparando rodadas de PMO com 9 e 12 REE
- ✓ A partir disso o CMSE fez uma solicitação para que o GT de Metodologia da CPAMP avalie as diferenças de CMO para as simulações dos PMO Setembro e Outubro 9 e 12 REE
- ✓ O Cepel fez análises exaustivas sobre o assunto que serão apresentados a seguir



**Análise da representação
das topologias com 9 e 12
reservatórios equivalentes
de energia no modelo
NEWAVE**

**CCEE
13/11/2017**

INTRODUÇÃO: Estudos da evolução da topologia até 12 REEs

Modelo NEWAVE – Comparação dos resultados observados com 9 & 12 REEs

Análise da implementação do acoplamento hidráulico

Investigação das causas da redução do CMO para o caso 12 REEs

Análise da variação amostral no modelo NEWAVE com o aumento no número de REEs

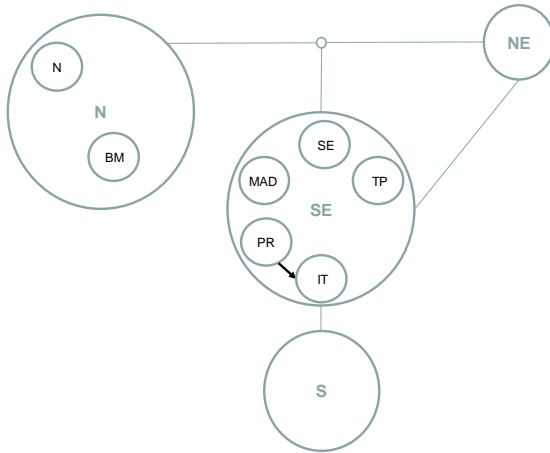
Propostas de investigações futuras para atenuar a questão da variação amostral

- **Durante 2015 o subgrupo GT7/CPAMP avaliou diferentes aspectos técnicos da representação do SIN por um número maior de REEs**
- Naquela ocasião foram estudadas configurações considerando de 6 a 12 REEs;
- **No relatório foi proposto o uso de 12 REEs** assim que aperfeiçoamentos computacionais para redução do tempo computacional fossem implementados no NEWAVE;
- Em agosto de 2017, a FT-NEWAVE validou a versão 23.2.2, que contém a funcionalidade Seleção de Cortes, estratégia que se mostrou eficiente em reduzir o tempo computacional;
- **Após a conclusão dos trabalhos da FT-NEWAVE, agentes relataram resultados pouco intuitivos ao passar de 9 para 12 REEs**

Configuração do sistema

9 x 12 REEs

9 REEs



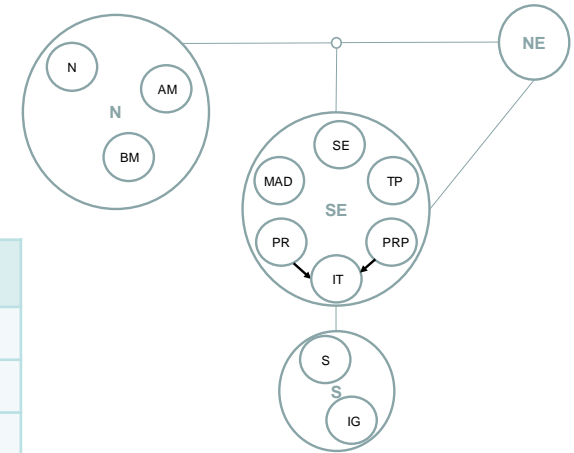
SUDESTE
MADEIRA
TELES PIRES
PARANÁ
ITAIPU

SUL

NORDESTE

NORTE
BELO MONTE

12 REEs



SUDESTE
MADEIRA
TELES PIRES
PARANÁ
ITAIPU
PARANAPANEMA

SUL
IGUAÇU

NORDESTE

NORTE
BELO MONTE
AMAZONAS

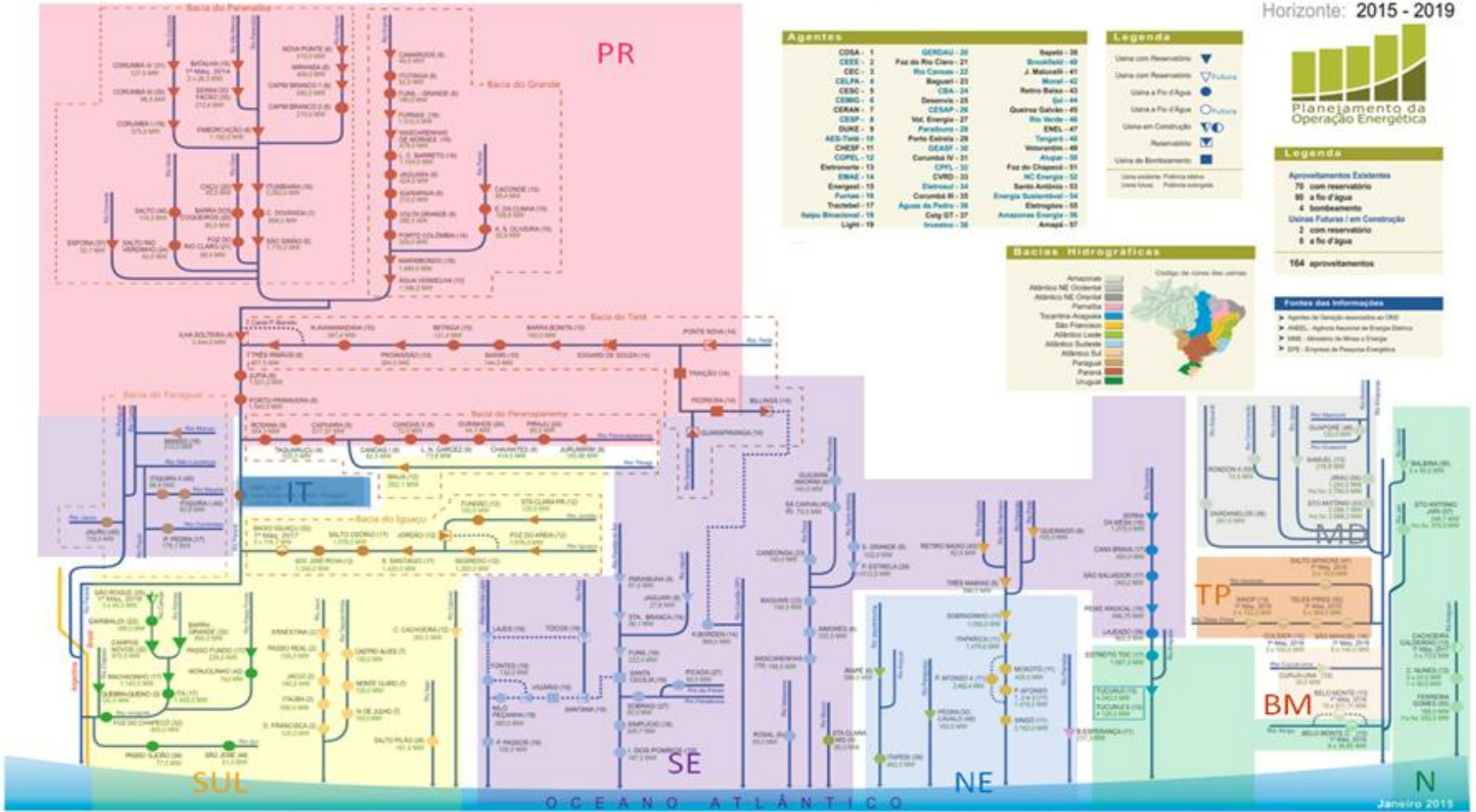
9 REEs	12 REEs
Sudeste	Sudeste
Madeira	Madeira
Teles Pires	Teles Pires
Itaipu	Itaipu
Paraná	Paraná
Sul	Paranapanema
Nordeste	Sul
Norte	Iguaçu
Belo Monte	Nordeste
	Norte
	Belo Monte
	Manaus

Distribuição das usinas – 9REEs

Diagrama Esquemático das Usinas Hidroelétricas do SIN

Usinas Hidroelétricas Despachadas pelo ONS na Otimização da Operação Eletroenergética do Sistema Interligado Nacional

Horizonte: 2015 - 2019

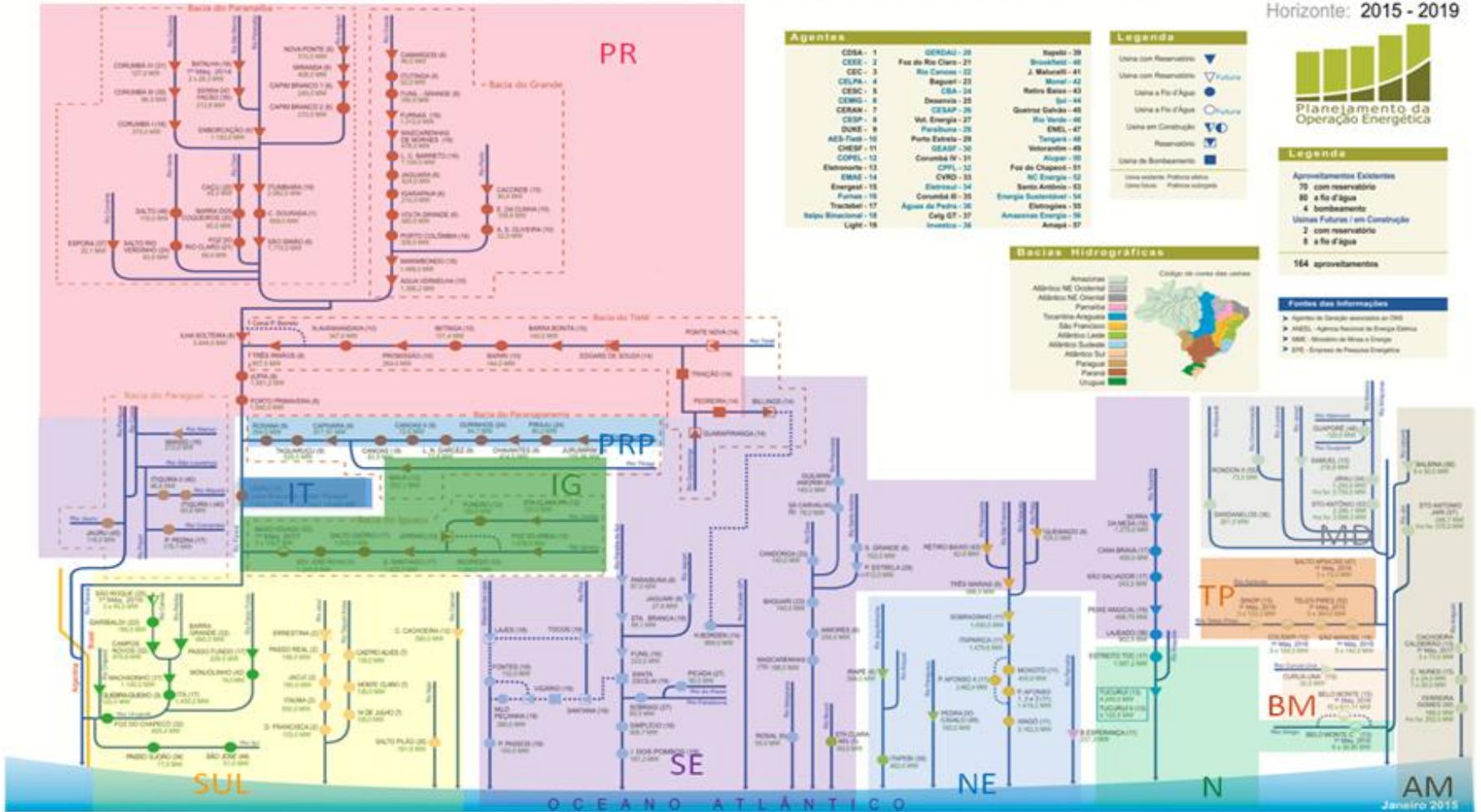


Distribuição das usinas – 12REEs

Diagrama Esquemático das Usinas Hidroelétricas do SIN

Usinas Hidroelétricas Despachadas pelo ONS na Otimização da Operação Eletroenergética do Sistema Interligado Nacional

Horizonte: 2015 - 2019



PROBLEMA DE OTIMIZAÇÃO LINEAR ESTOCÁSTICA MULTI-ESTÁGIO

FUNÇÃO OBJETIVO

$$\min \sum_{t=1}^T \sum_{\omega=1}^{S(t)} \left\{ \underbrace{(1-\lambda)E + \lambda CVaR_{\alpha}}_{\text{Medida de risco CVar}} + \underbrace{\left[\sum_{j=1}^{NT} c_j GT_j^{t,\omega} + CF(v^{t,\omega}) \right]}_{\text{Custos de geração térmica / déficit}} \right\}$$

RESTRIÇÕES

Atendimento à demanda

$$\sum_{i \in H_j} gh_i^{t,\omega} + \sum_{i \in T_j} gt_i^{t,\omega} \pm \sum_{i \in Int_j} Int^{t,\omega} + Defc_j^t = D_j^t, \quad \forall t, \omega, j$$

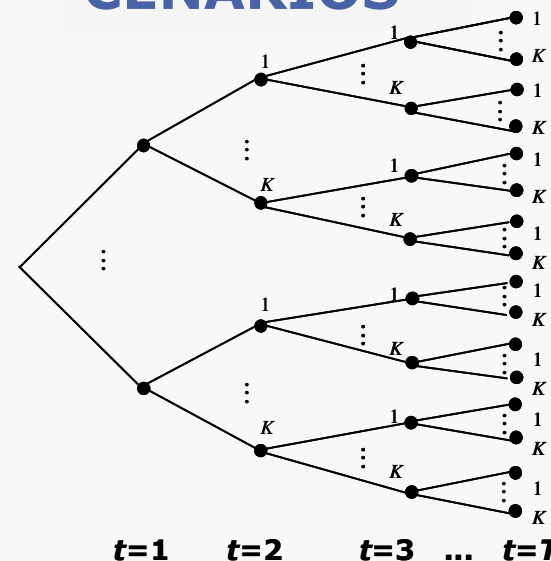
Conservação de água (balanço hídrico)

$$v_s^t = v_s^{t-1} - gh_s^{t,\omega} + \underbrace{\xi_s^{t,\omega} \left(\xi_{s, p-1, \dots, P}, \zeta \right)}_{\text{Modelo Par}(p)}, \quad \forall t, \omega, j$$

[Maceira, Bezerra, 97]

+ MUITAS outras restrições...

ÁRVORE DE CENÁRIOS



AMOSTRAGEM SELETIVA

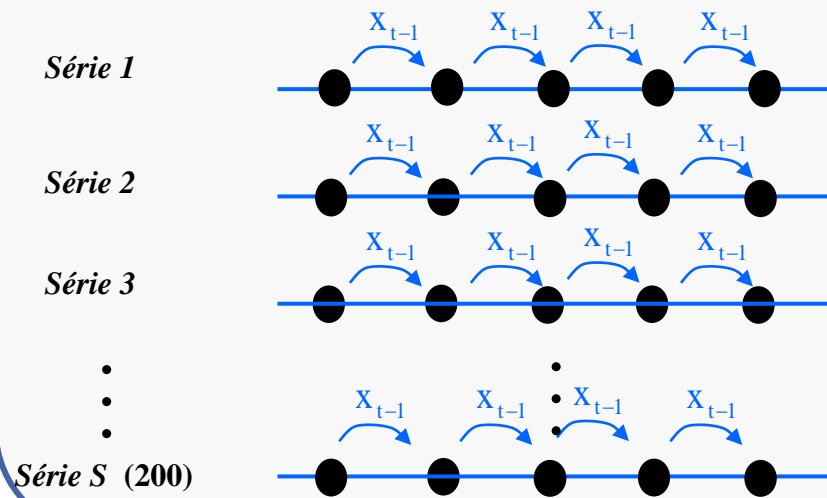
[Penna, Maceira, Damazio, 11]

PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO MODELO NEWAVE

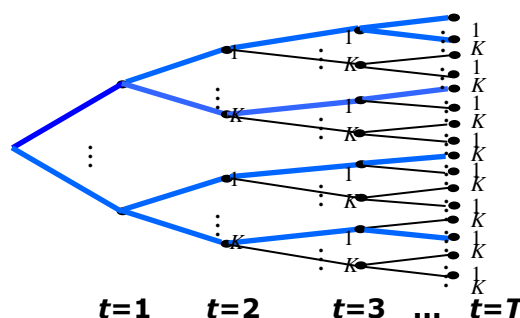
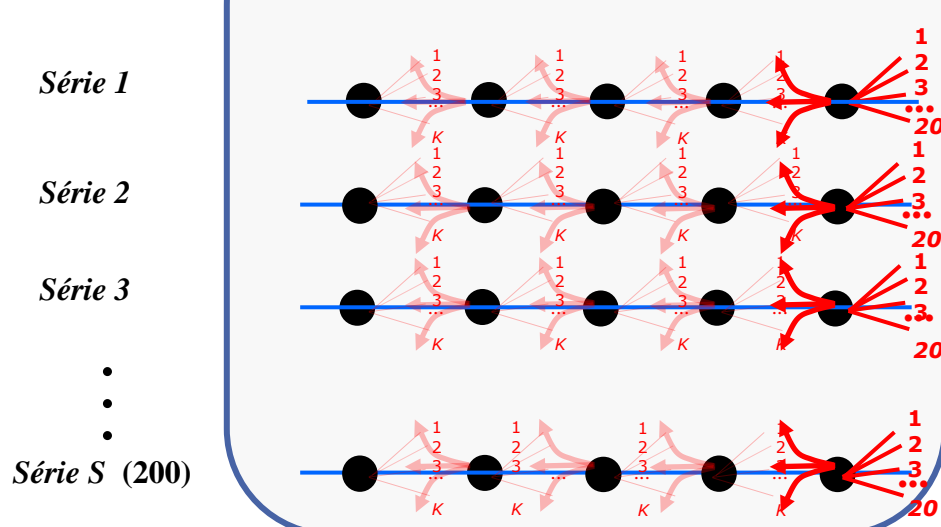
PROGRAMAÇÃO DINÂMICA DUAL ESTOCÁSTICA (PDDE)

➤ Amostragem de cenários da árvore completa

PASSO FORWARD



PASSO BACKWARD



Cortes de Benders

$$\varphi_t(X_{t-1}) \geq \sum_{\omega=1, \dots, K} P_{\omega} \left[z_{t, \omega^*} + \left\langle \frac{\partial z_{t, \omega^*}}{\partial X_{t-1}} (\hat{X}_{t-1, s^*}), X_{t-1} - \hat{X}_{t-1, s^*} \right\rangle \right]$$

RESULTADO:

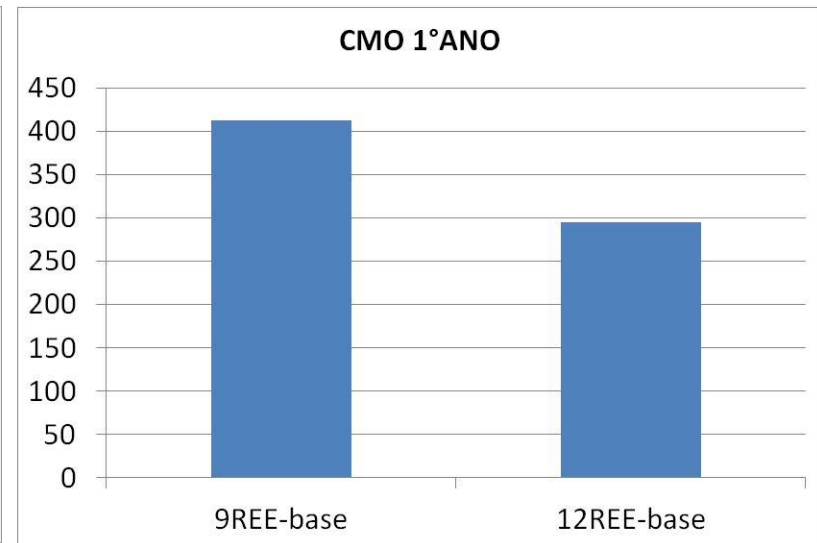
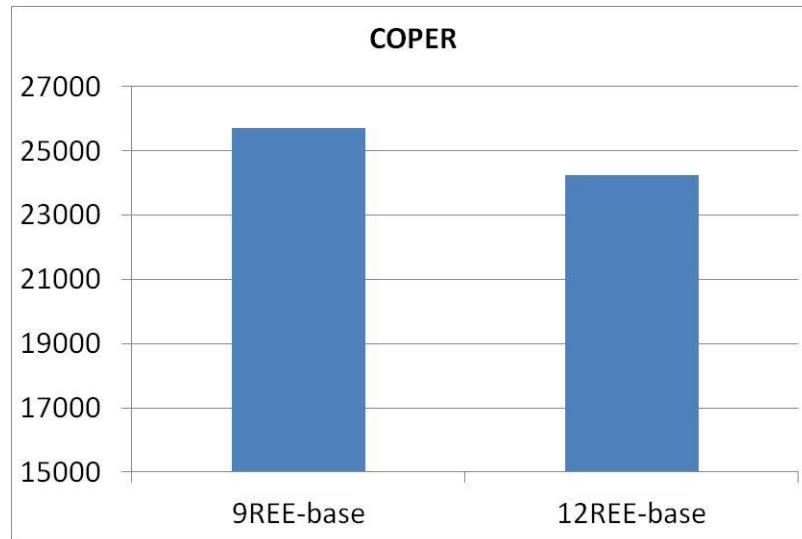


Política Operativa Ótima

- De forma geral, é esperado um aumento do custo total de operação calculado ao representar o SIN com um número maior de REEs
 - Em algumas situações este comportamento esperado não é verificado
- **Para o caso com base no deck do PMO de Set/2017, verificou-se uma redução do CMO com o aumento no número de REEs**
- A questão foi repassada ao CEPEL para análise

Resultados observados – PMO Set/2017 (NEWAVE)

- 12 REEs: 9REEs + Paranapanema (PP)+ Iguazu (IG)+ Manaus (MAN)



- O custo total de operação (COPER) cai
- O custo marginal de operação (CMO) do primeiro mês cai ~30%



**Comportamento semelhante foi observado nos PMOs de
Out/2017 e Nov/2017**

Análise da implementação

- **Configuração inédita até o momento: acoplamento simultâneo com REE Itaipu (Paraná e Paranapanema)**
- **Cálculo das parcelas de acoplamento hidráulico: ⇒ OK**
- **Montagem do Problema de Programação Linear (PL): ⇒ OK**
 - ✓ Parcelas A e C do PR e PP são levadas em conta nas restrições (atendimento à demanda, geração a fio d'água, perdas fio, etc)
- **Consideração das parcelas de acoplamento constantes calculadas na altura equivalente: ⇒ OK**



Afastada a possibilidade de erro no cálculo das parcelas de acoplamento

- **Foram avaliadas mais de 80 simulações determinísticas**
- **Todos os casos analisados convergiram (ZINF = ZSUP)**



O comportamento de convergência para todos esses casos, com tolerância muito rígida, ocorreu conforme esperado

Análise dos Motivos da Redução dos CMOs entre os casos 9 e 12 REEs

A queda no CMO/PLD nos casos com 12 REEs pode ser explicada pelos seguintes fatores:

- 1) Melhor representação da diversidade hidrológica, capturando a complementaridade/sazonalidade entre os REEs Paraná (PR) e Paranapanema (PP)
- 2) Aumento da geração não armazenável, devido à baixa capacidade de armazenamento do REE Paranapanema (PP)



Esta queda pode ser maior ou menor, em função da variação amostral

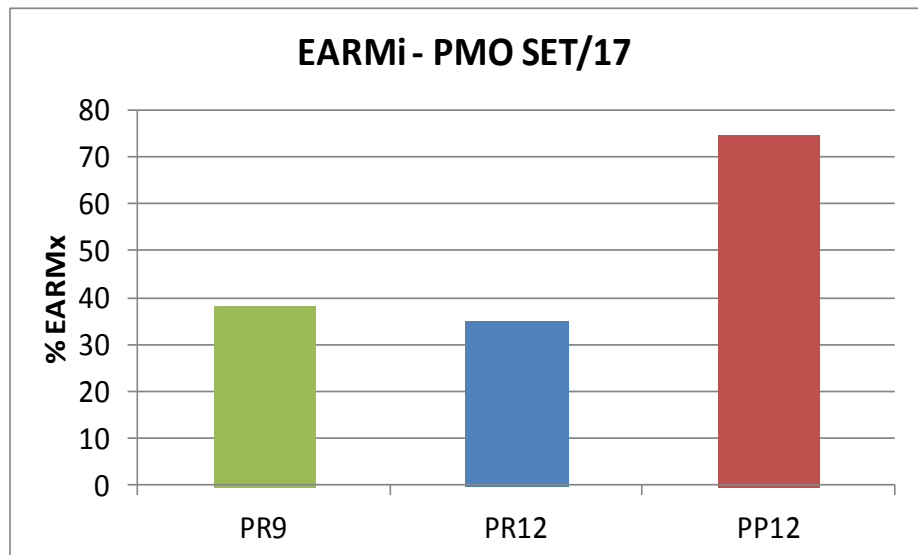
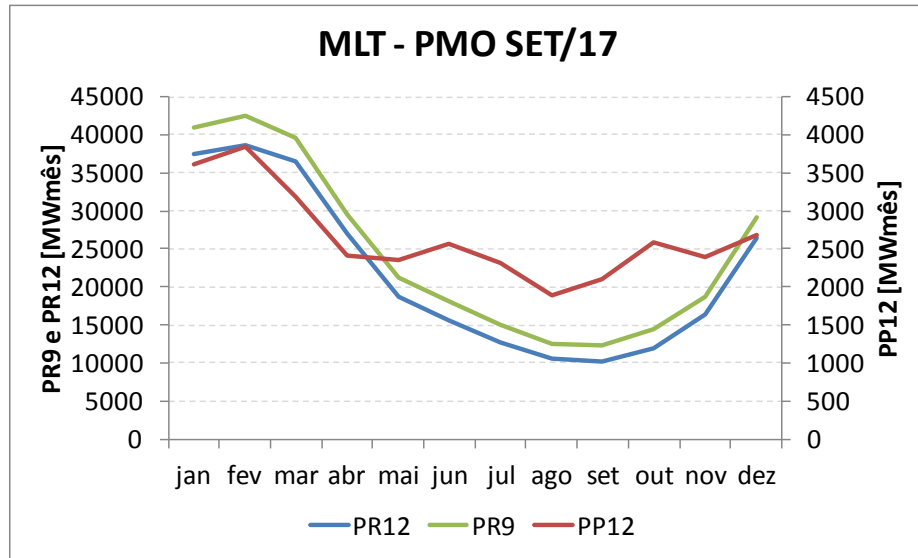
A condição do sistema também tem efeito sobre a variação no CMO com a topologia

1) Complementaridade / Sazonalidade entre os REEs Paraná (PR) e Paranapanema (PP)

Complementaridade/Sazonalidade entre os REEs Paraná (PR) e Paranapanema (PP)

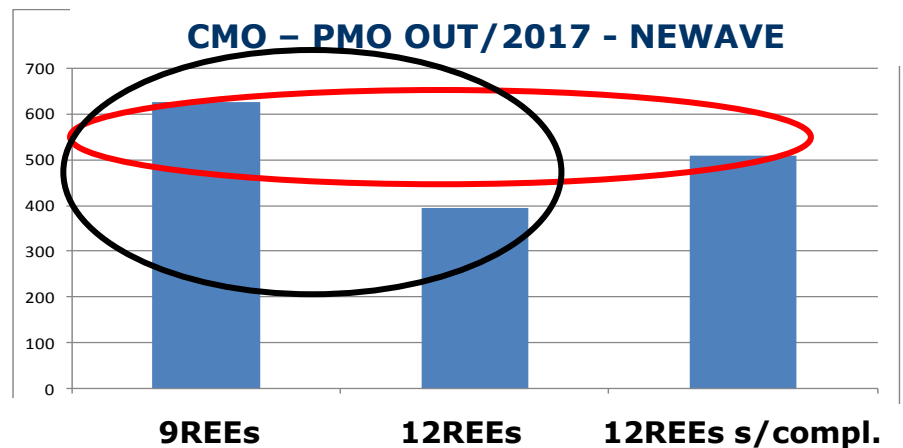
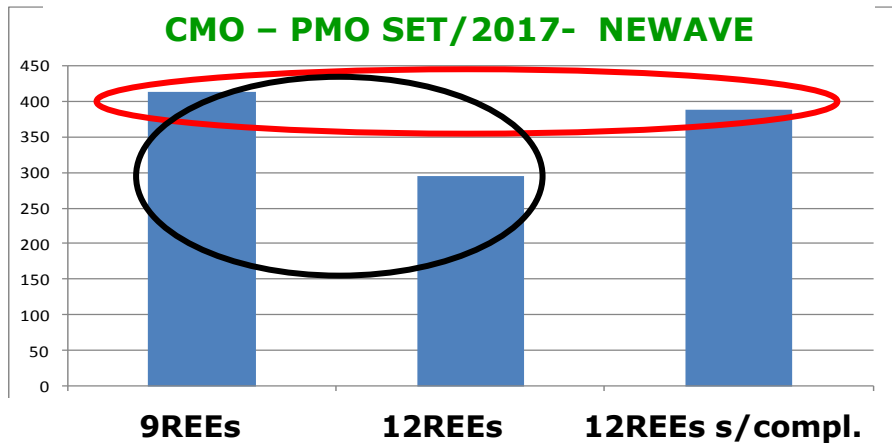
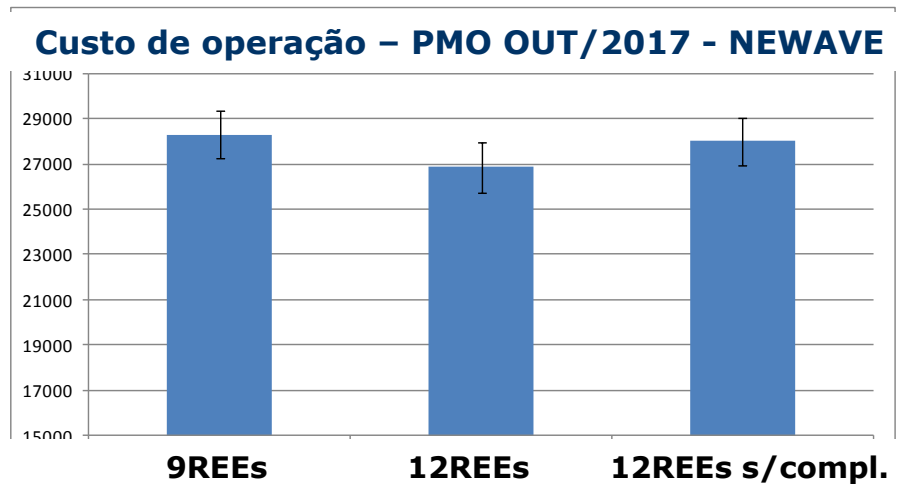
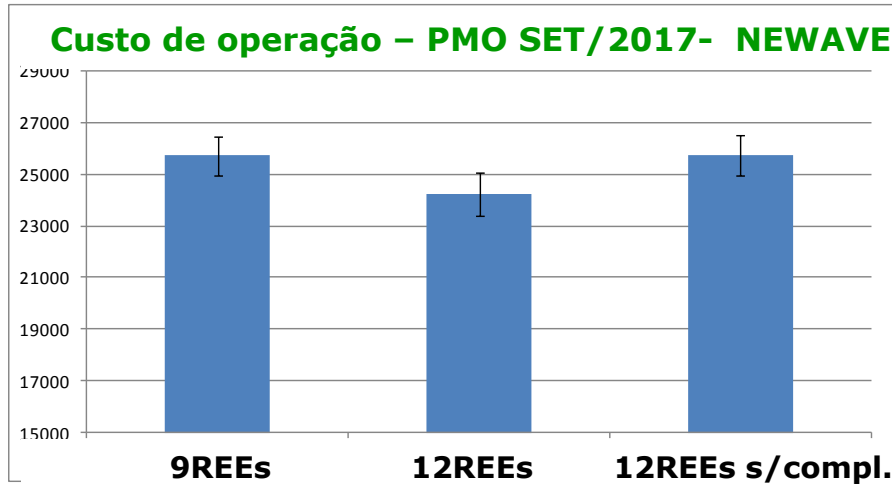
➤ **O regime hidrológico do REE Paranapanema complementa-se, até certo ponto, com o do REE Paraná, principalmente no período seco**

➤ **Com a separação do REE Paranapanema, os cenários do modelo NEWAVE passam a ver melhor essa complementaridade**



Complementaridade/Sazonalidade entre os REEs Paraná (PR) e Paranapanema (PP)

Análise de sensibilidade eliminando-se a complementaridade entre PR e PP:



A diferença entre resultados (sim.Final) dos casos 9 e 12REEs diminuiu

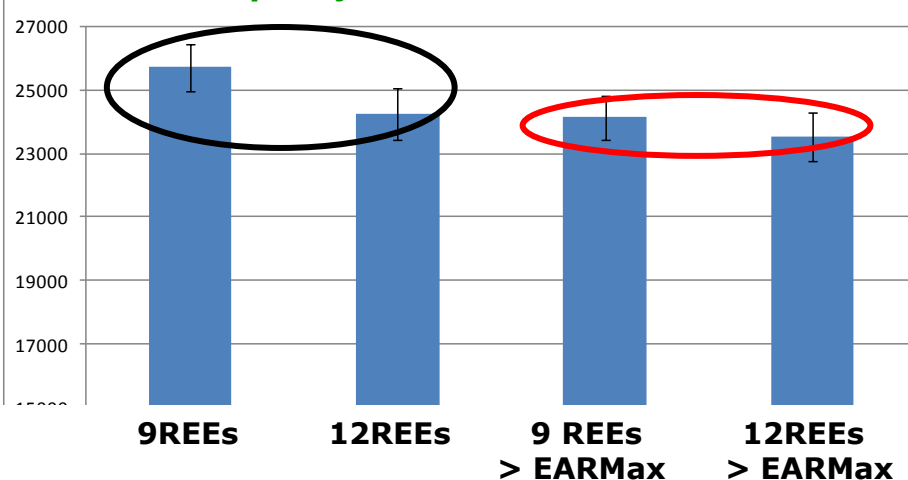
2) Capacidade de armazenamento do REE Paranapanema (PP)

Capacidade de armazenamento do Paranapanema

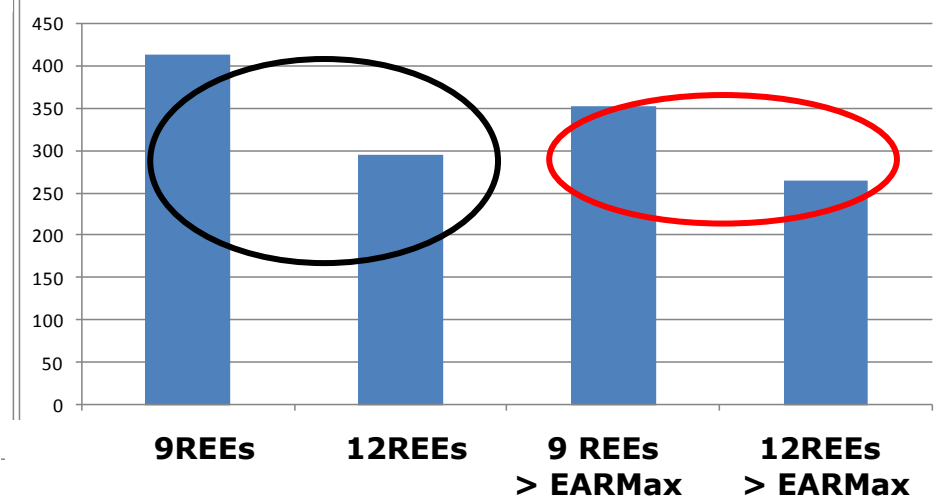
- Ao separar o PP, a energia CONTROLÁVEL contribui para que esse REE atinja, com maior probabilidade, o EARMAX
- Isso aumenta o GH de Itaipu (e outras usinas fio d'água), reduzindo o CMO

Análise de sensibilidade, aumentando artificialmente a Capacidade de Armazenamento (EARMax) do REE Paranapanema (PP):

Custo de operação – PMO SET/2017 - NEWAVE



CMO – PMO SET/2017 - NEWAVE



A diferença entre resultados (sim.Final) dos casos 9 e 12 REEs diminuiu

- **Em um Processo Estocástico, a incerteza pode ser representada por um conjunto de cenários**, limitado por questões de esforço computacional
- **Estes cenários devem representar as características estatísticas do processo estocástico original** (contínuo)
- A geração de cenários pelo modelo GEVAZP (que alimenta o NEWAVE) utiliza técnicas de agregação (*clusterização*), a partir de uma amostra inicial muito grande (100.000)
- **A geração dos cenários originais é feita de forma pseudo-aleatória (por questões de reprodutibilidade de resultados)**

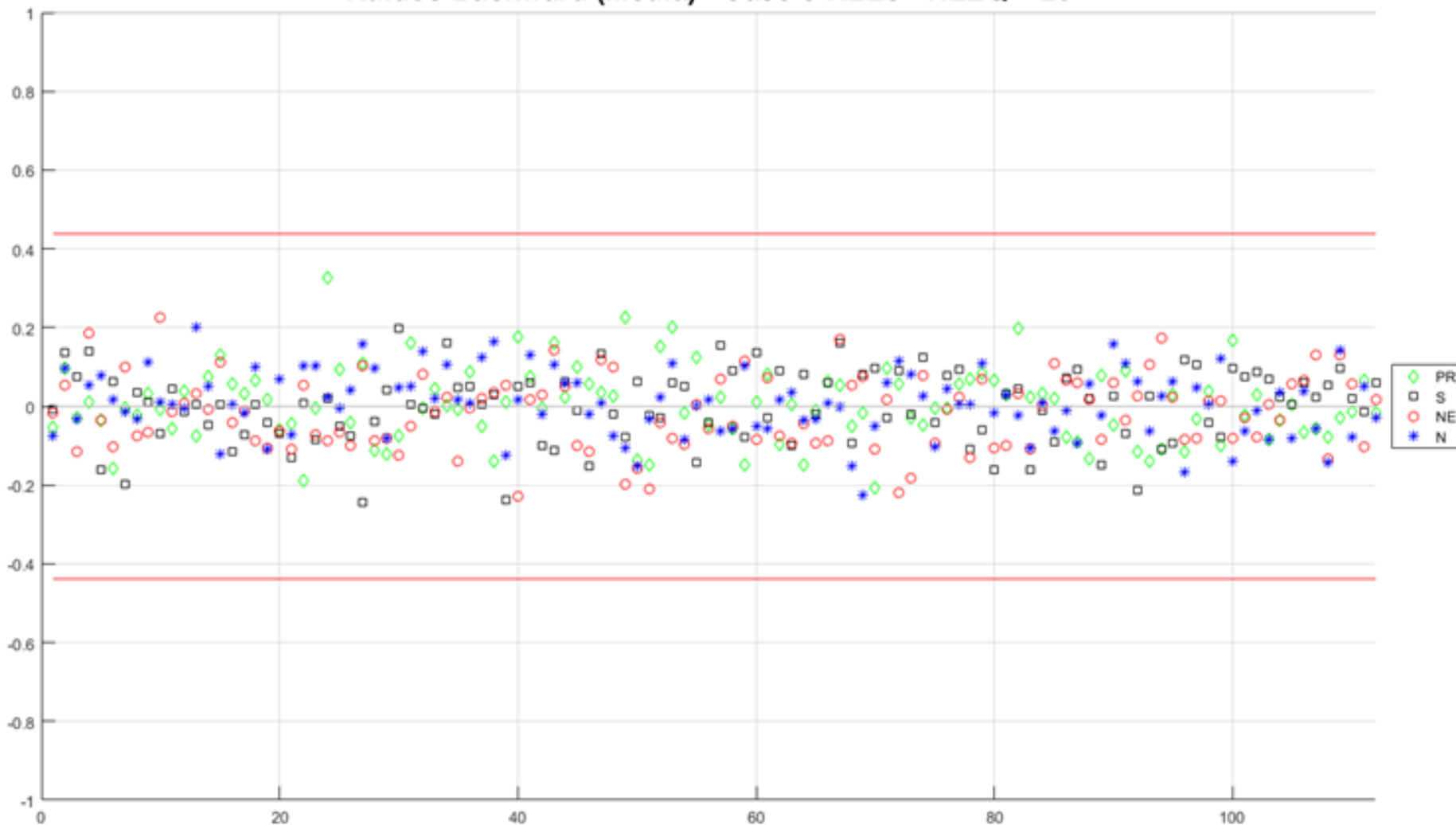


Pode ocorrer uma **variação amostral**, que é intrínseca à modelagem de um processo estocástico

À medida que cresce o número de REEs, torna-se importante estudar as vantagens do uso de uma amostra maior de cenários *forward* e *backward* no modelo

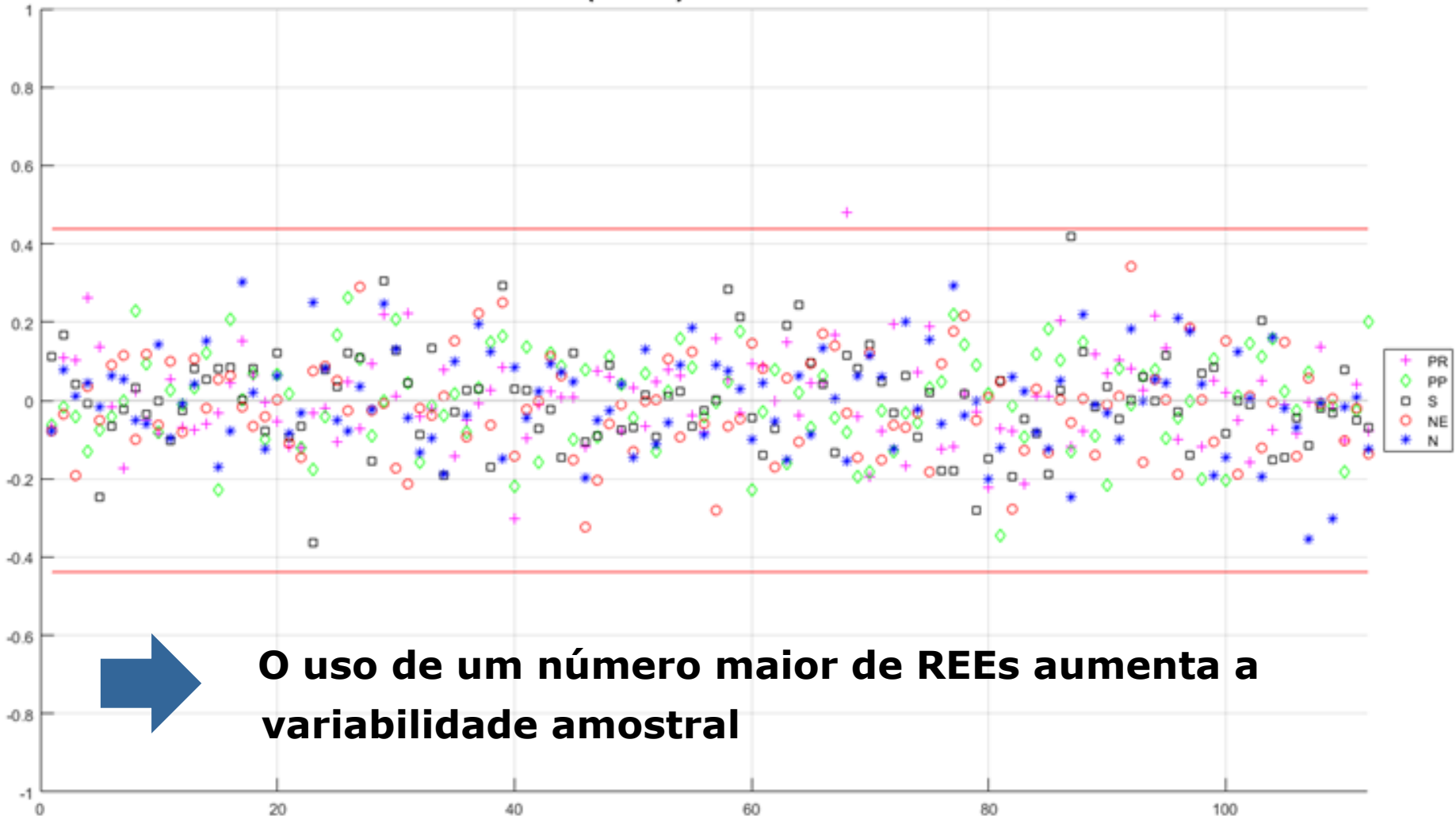
Variabilidade dos ruídos *backward* com o número de REEs

Ruidos Backward (Média) - Caso 9 REEs - NLEQ = 20

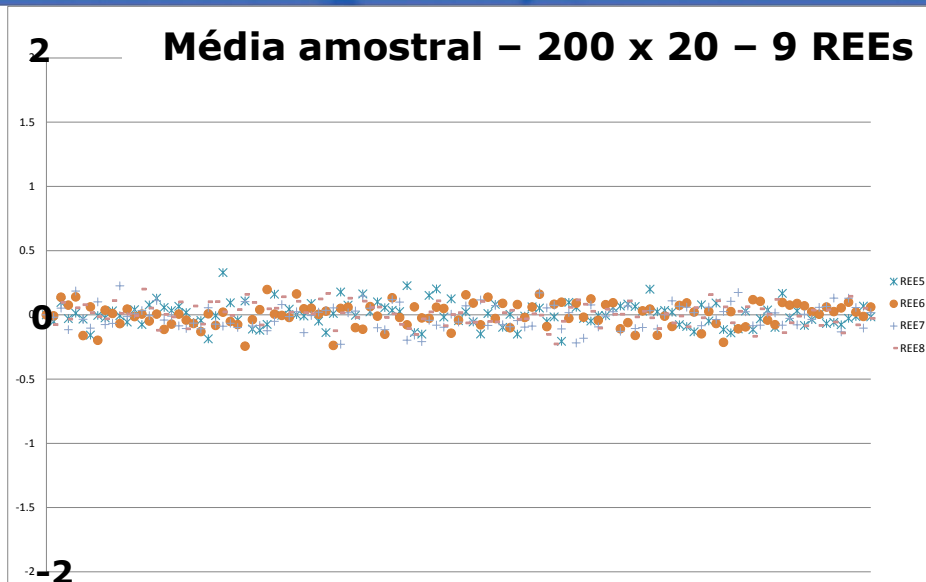


Variabilidade dos ruídos *backward* com o número de REEs

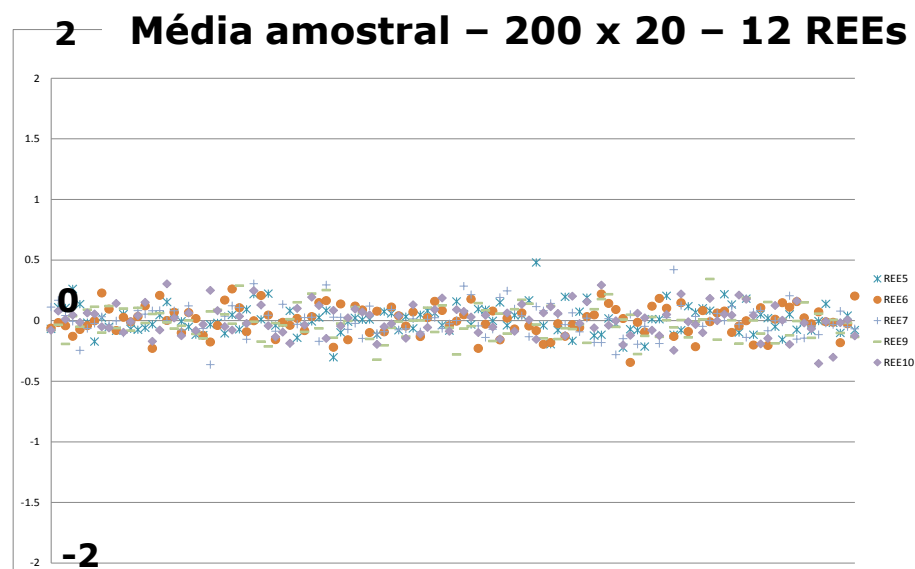
Ruidos Backward (Média) - Caso 12 REEs - NLEQ = 20



Variabilidade dos ruídos *backward* com o número de REEs



Apesar do aumento, a variabilidade é controlada, em ambos os casos, pelo uso da Amostragem Seletiva



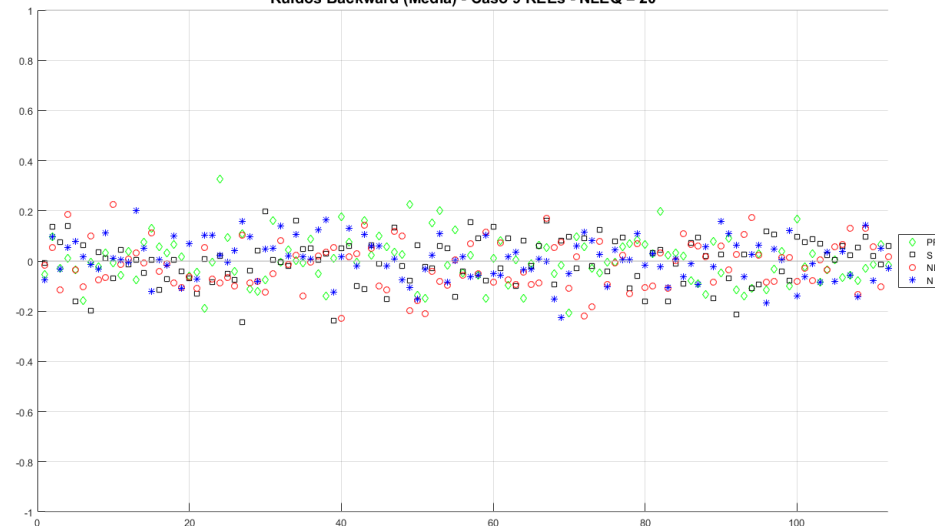
Comparação entre Amostragem Seletiva (vigente) com a Amostragem Aleatória Simples (usada no passado)

Amostragem Seletiva
12 REEs - $n_{leq} = 20$

Amostragem Aleatória Simples
12 REEs - $n_{leq} = 20$

Ruídos Backward (Média) - Caso 9 REEs - NLEQ = 20

Ruídos Backward (Média) - Caso 12 REEs - NLEQ = 20



(vigente)

(Adotada até 2010)

Alternativas para aprimorar a geração de cenários e atenuar a variação amostral

1) Aprimoramento na representação do processo estocástico

- ✓ Aumento do número de cenários *backward*

2) Melhoria do espaço de busca para construção da FCF

- ✓ Aumento do número de séries *forward*

Ajustes em parâmetros do modelo

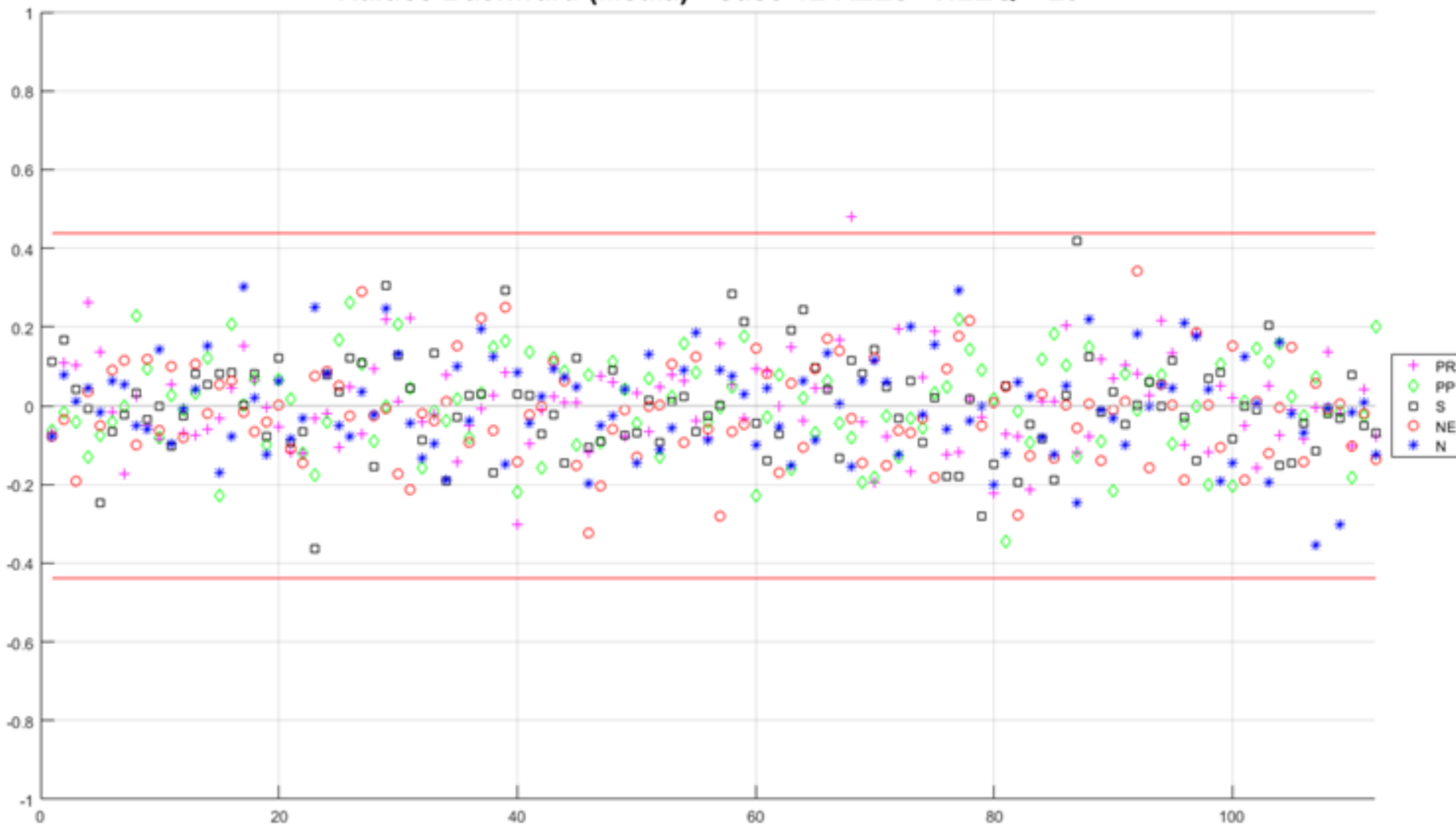
- ✓ Reamostragem

- ✓ Combinação do uso de séries condicionadas com não condicionadas, e níveis de armazenamento em que se queira proteger

Aprimoramentos no modelo

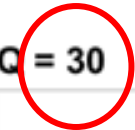
Variabilidade dos ruídos *backward* com o número de REEs

Ruidos Backward (Média) - Caso 12 REEs - NLEQ = 20



Efeito do aumento do número de cenários *backward*

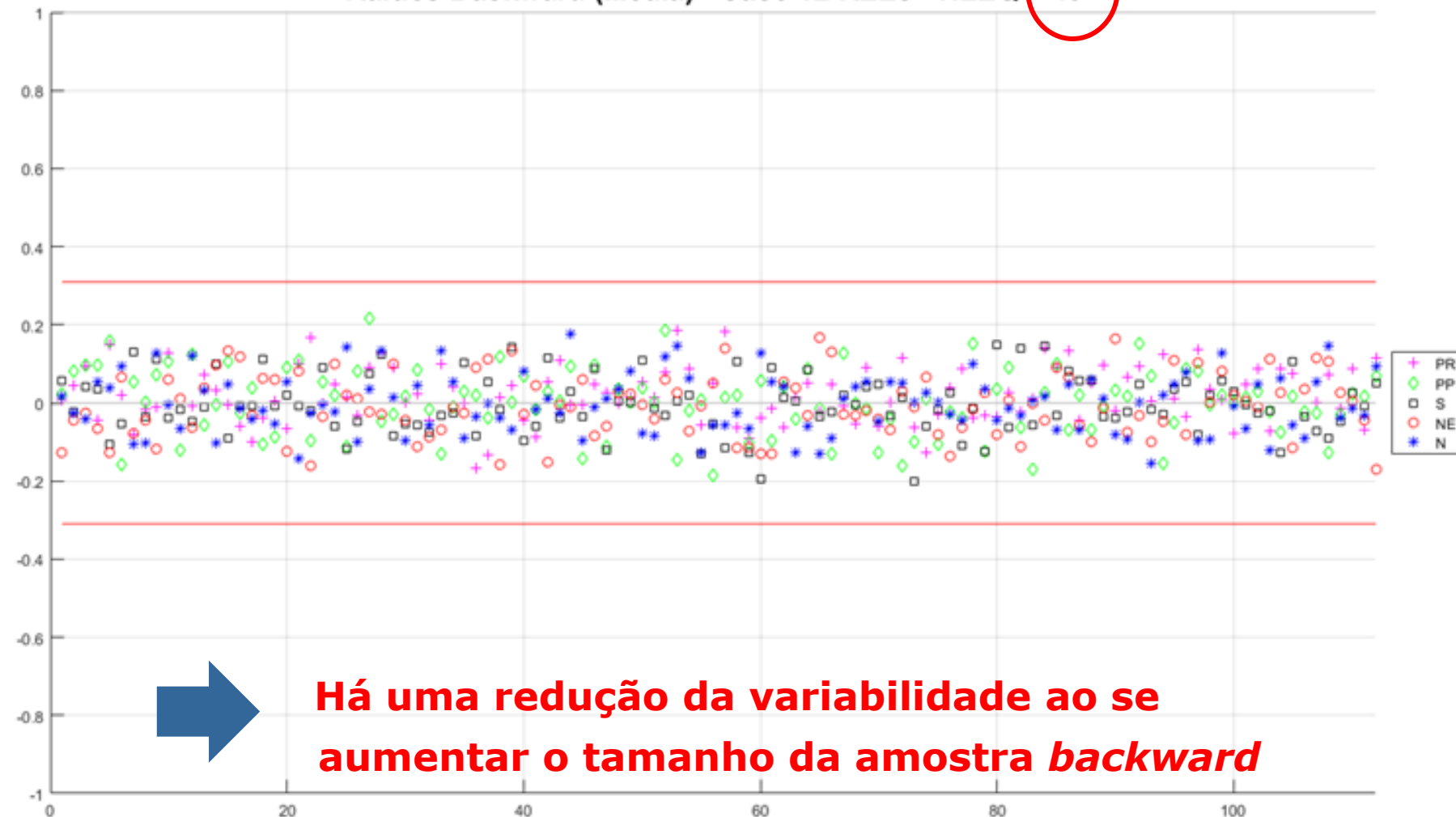
Ruidos Backward (Média) - Caso 12 REEs - NLEG = 30



Há uma redução da variabilidade ao se aumentar o tamanho da amostra *backward*

Efeito do aumento do número de cenários *backward*

Ruidos Backward (Média) - Caso 12 REEs - NLEQ = 40



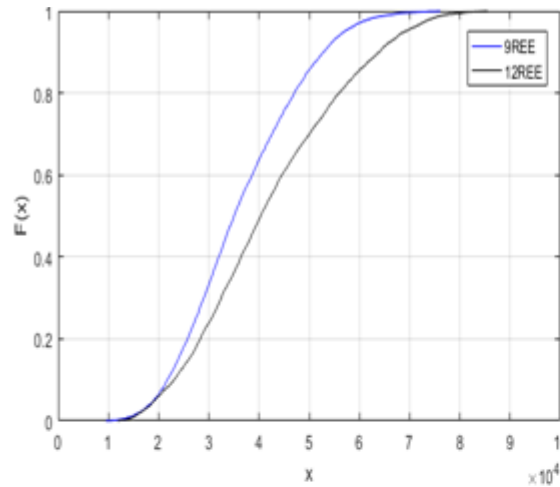
Há uma redução da variabilidade ao se aumentar o tamanho da amostra *backward*

- **Análise de sensibilidade com o aumento de cenários *backward***

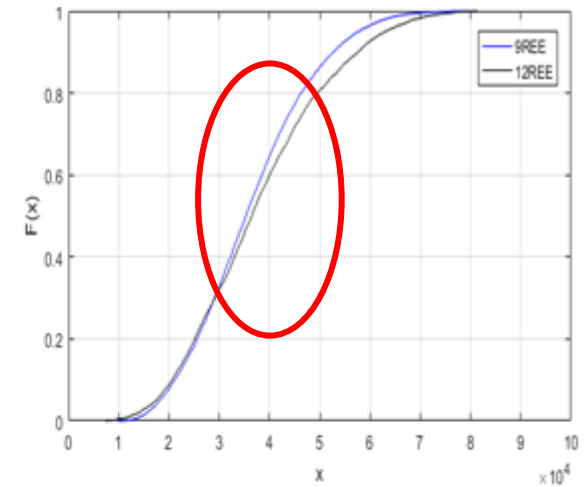


Maior número de cenários aproxima as distribuições

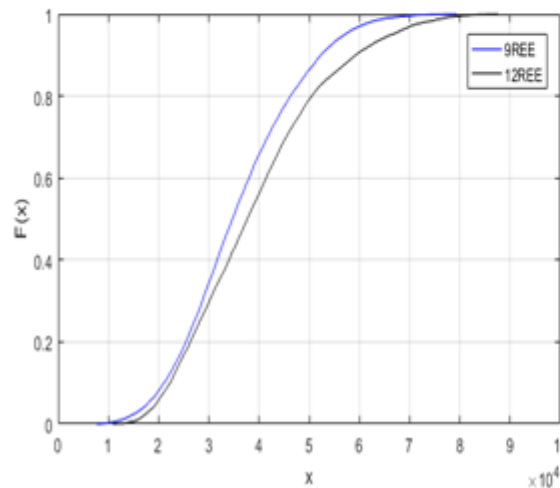
200 x 20 – PR – Jan/18



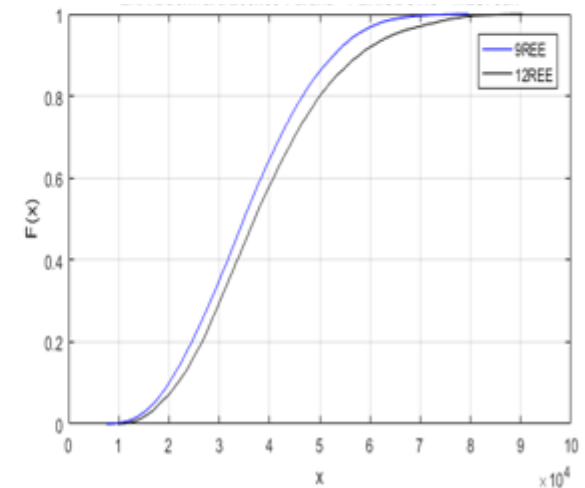
200 x 30 – PR – Jan/18



200 x 40 – PR – Jan/18



200 x 50 – PR – Jan/18



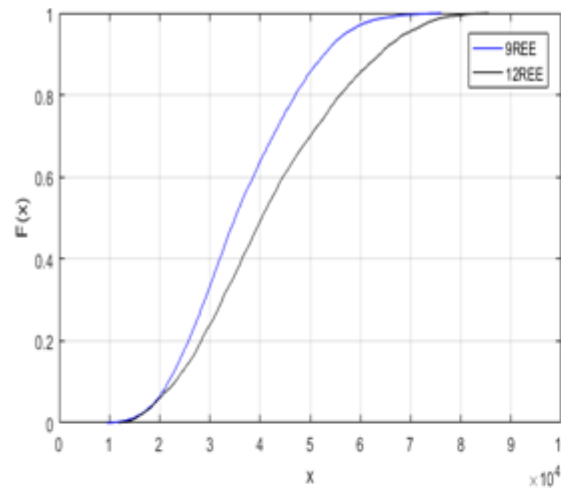
Comparação casos 12 x 9 REE Distrib. acumulada – ENAs *backward*

- **Análise de sensibilidade com o aumento de cenários *forward***

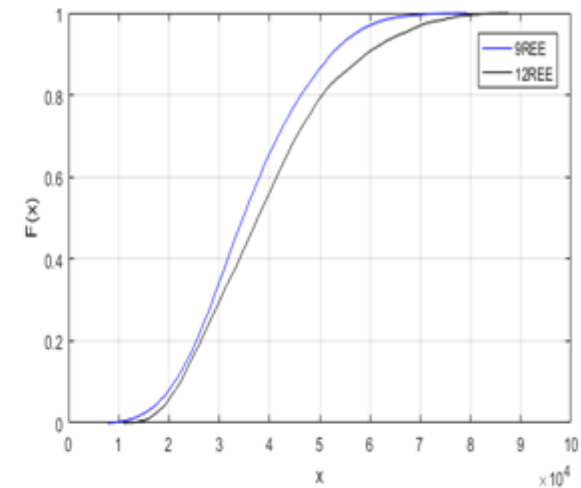


Aumento do número de séries *forward* também tende a contribuir para essa melhoria

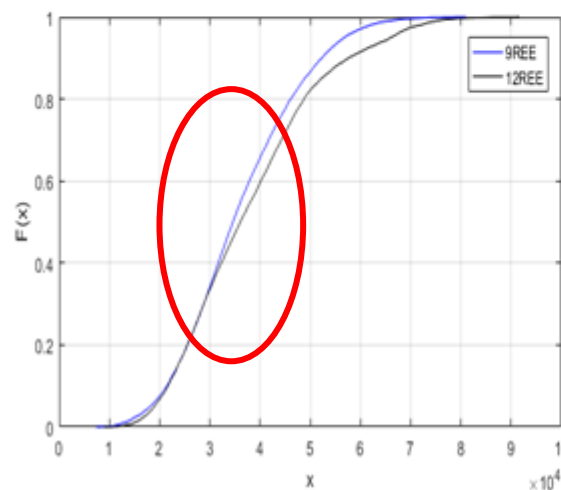
200 x 20 – PR - Jan/18



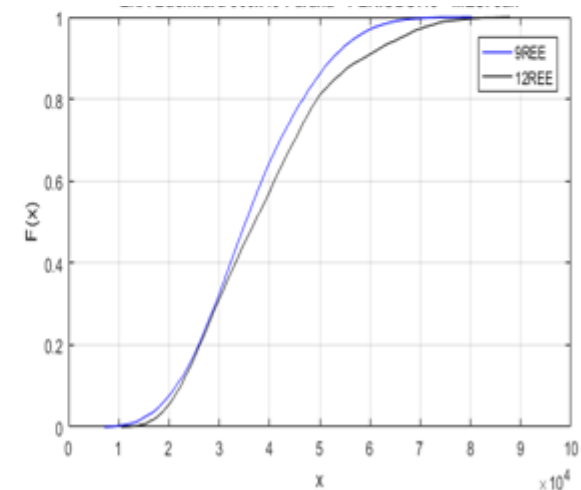
200 x 40 – PR - Jan/18



250 x 40 – PR - Jan/18



300 x 40 – PR - Jan/18



- Houve uma redução do CMO calculado ao se passar a modelagem de 9 para 12 REEs, nos PMOs de set/17, out/17 e nov/17
- Não foi identificado erro de implementação no modelo
- Parte dessa redução é explicável por questões físicas, de melhor representação do sistema:
 - ✓ Complementaridade hidrológica entre REEs Paranapanema e Paraná
 - ✓ Limitação do armazenamento de energia controlável no REE Paranapanema
- Essa redução pode ser maior ou menor, pela questão da variação amostral
- A variação amostral pode ser atenuada aprimorando a representação dos cenários *forward* e *backward* no modelo NEWAVE

1) Revisar a alteração dos parâmetros externos do modelo

- ✓ Os estudos conduzidos até o momento indicam que um aumento até 30 cenários backward mantém a qualidade dos resultados obtidos para 9 REEs quanto à variação amostral, em tempo computacional aceitável
- ✓ A qualidade também tende a melhorar com um aumento no número de cenários forward, e o uso de até 250 cenários é razoável em termos de tempo computacional
- ✓ Estudos mais exaustivos ainda devem ser realizados para se definir melhor um possível aumento nesses parâmetros

2) Aspectos a serem investigados pelo CEPEL

- ✓ Reamostragem
- ✓ Combinação do uso de séries condicionadas com não condicionadas, e níveis de armazenamento em que se queira proteger



Esses tópicos deverão ser objeto de estudo futuro pela CPAMP

Obrigado pela atenção!



Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL



Sensibilidade 9 REEs x 12 REEs

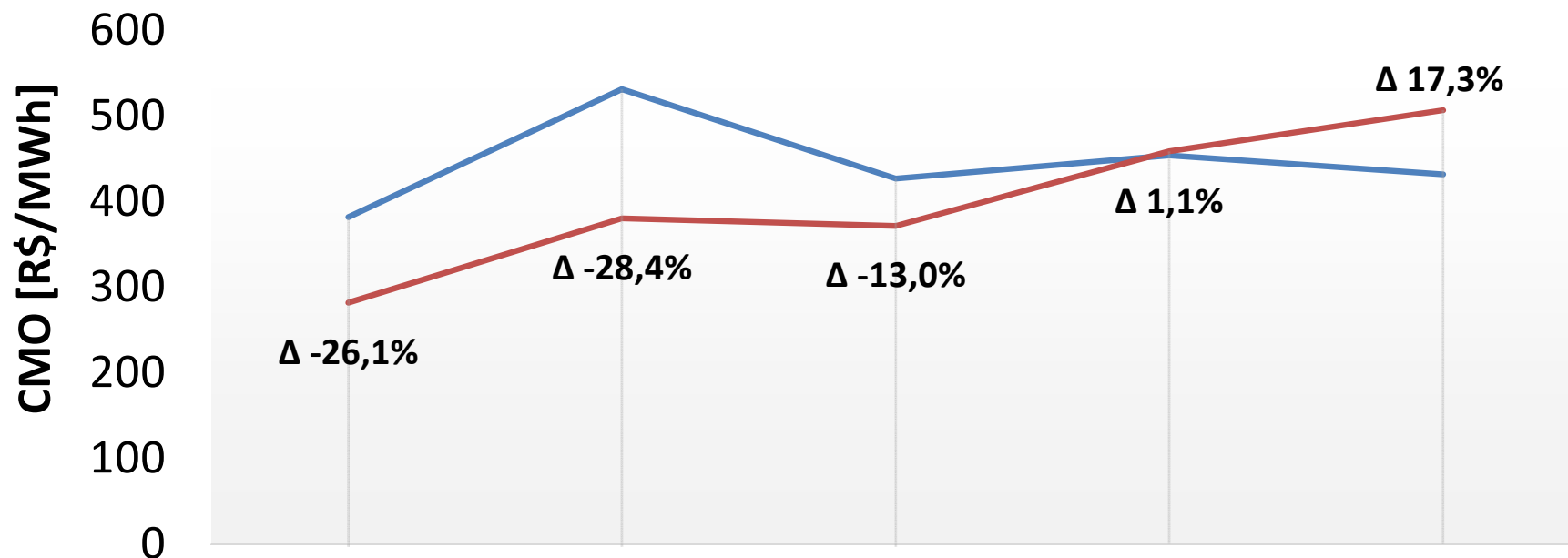


**ENA Dez/17 a Abr/18 –
70% MLT**

Custo Marginal da Operação - CMO [R\$/MWh]

ENA Dez/17 a Abr/18 – 70% MLT

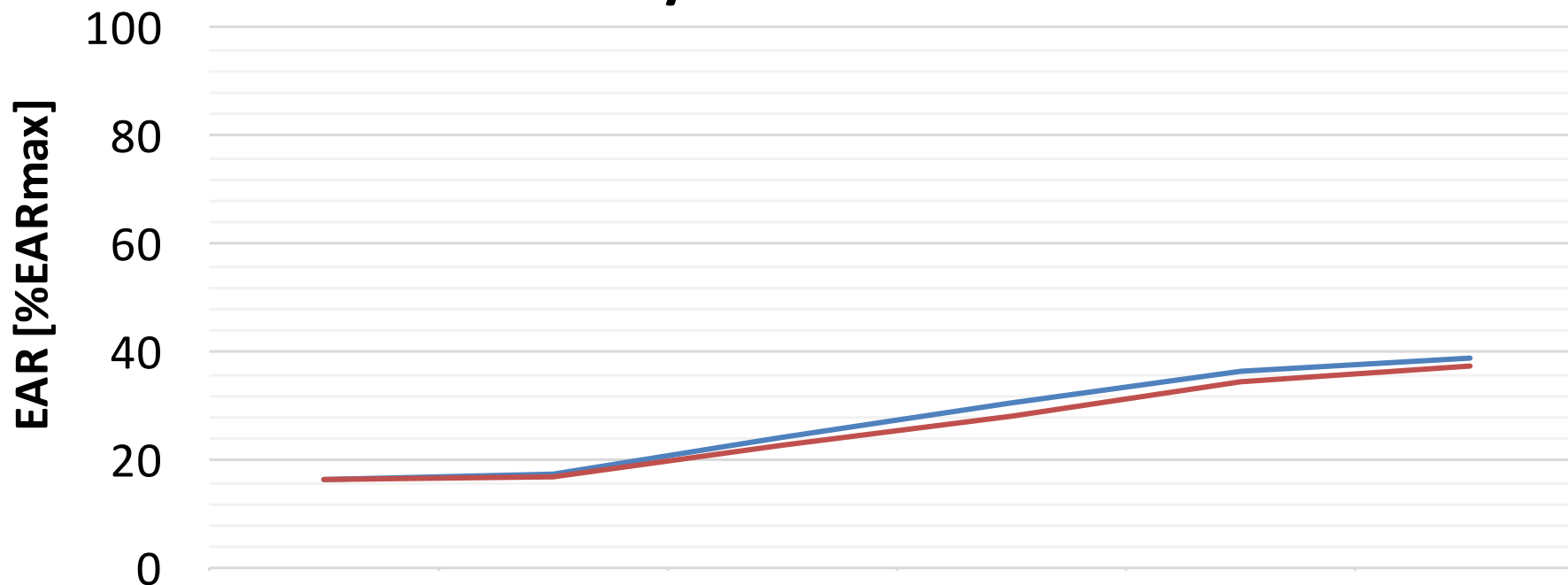
Sudeste/Centro-Oeste



	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18
— 9 REEs	381,62	530,85	426,80	453,61	431,84
— 12 REEs	281,90	380,10	371,32	458,41	506,59
Δ	-99,72	-150,75	-55,48	4,80	74,75

**Energia Armazenada Final - EAR [%EARmáx]
 ENA Dez/17 a Abr/18 – 70% MLT**

Sudeste/Centro-Oeste

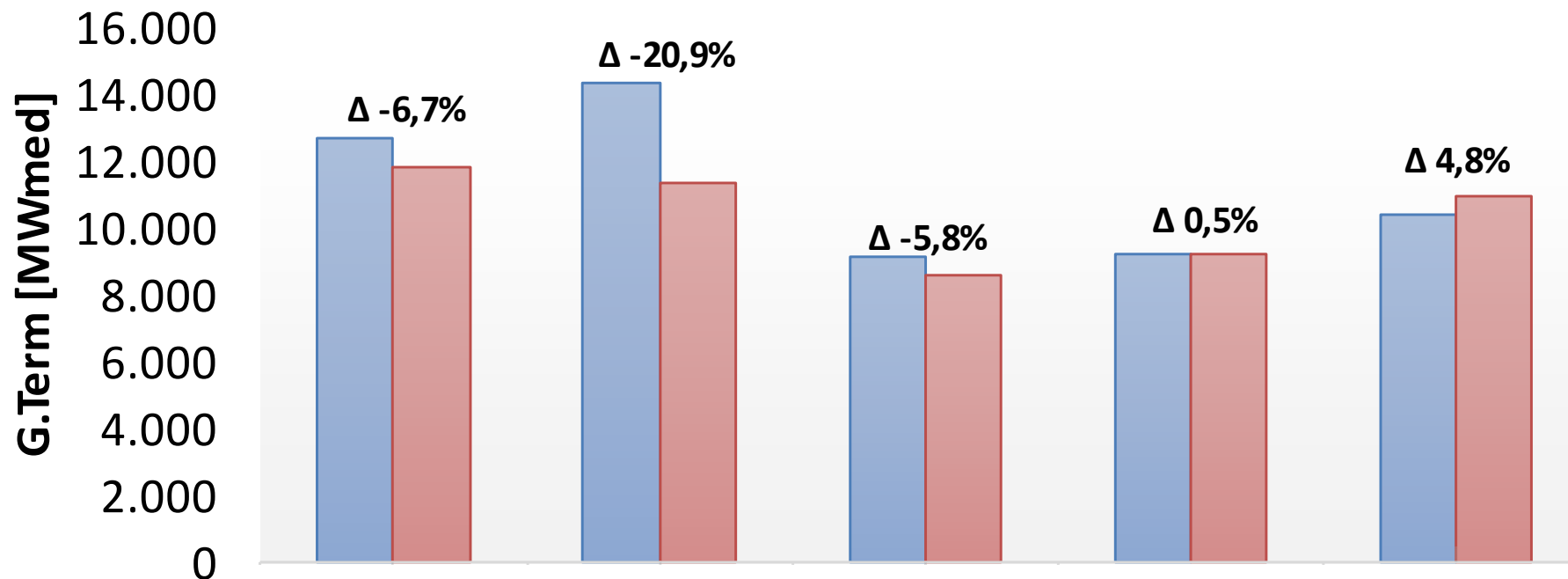


	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18
— 9 REEs	16,7	17,5	24,5	30,5	36,6	39,2
— 12 REEs	16,7	17,1	22,7	28,4	34,4	37,3
Δ		-0,4	-1,8	-2,1	-2,2	-1,9

Geração Térmica [MWmed]

ENA Dez/17 a Abr/18 – 70% MLT

SIN



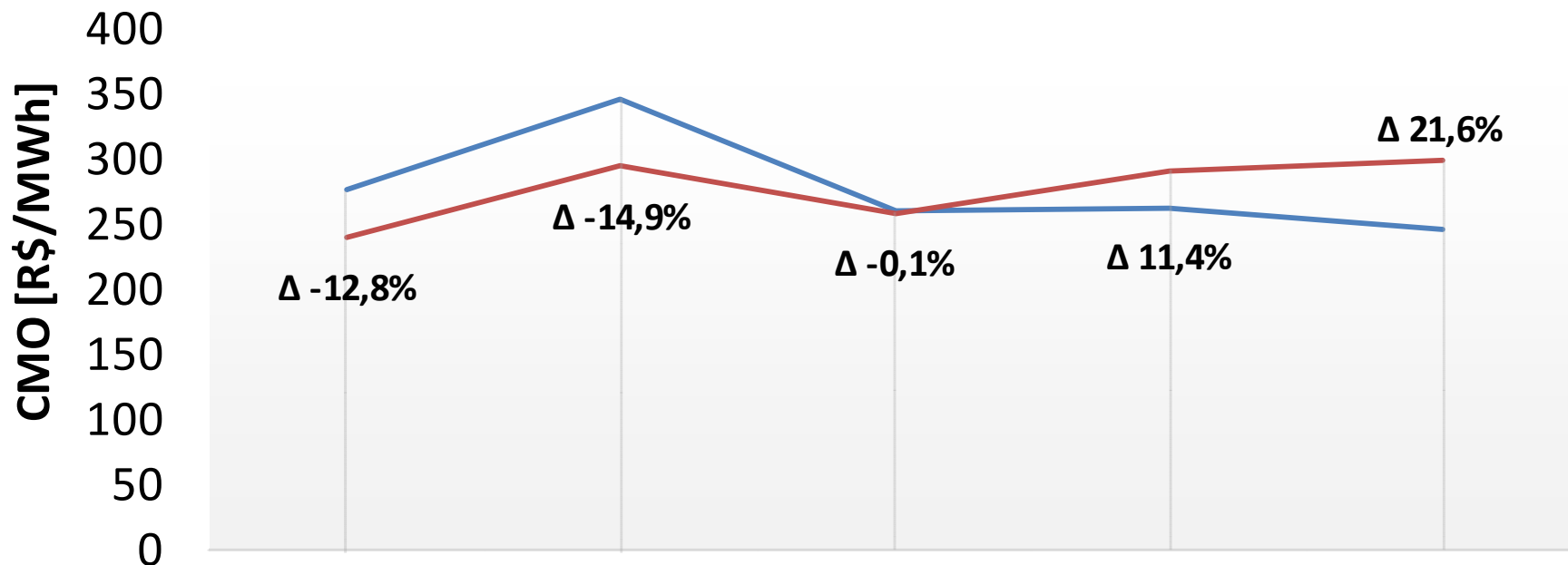
	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18
9 REEs	12.671	14.362	9.155	9.218	10.439
12 REEs	11.824	11.366	8.621	9.260	10.937
Δ	-847	-2.997	-534	42	498



**ENA Dez/17 a Abr/18 –
80% MLT**

Custo Marginal da Operação - CMO [R\$/MWh]
ENA Dez/17 a Abr/18 – 80% MLT

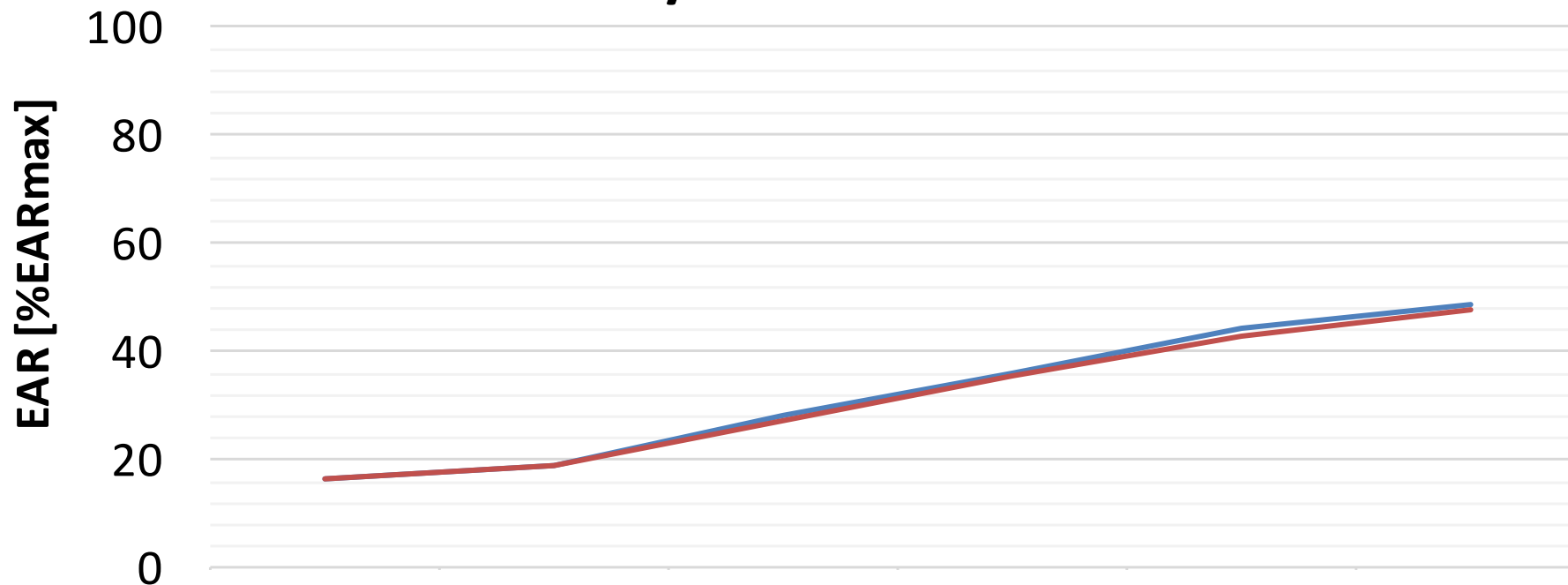
Sudeste/Centro-Oeste



	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18
— 9 REEs	275,12	345,62	258,92	260,75	245,68
— 12 REEs	239,96	294,21	258,55	290,44	298,71
Δ	-35,16	-51,41	-0,37	29,69	53,03

Energia Armazenada Final - EAR [%EARmáx]
ENA Dez/17 a Abr/18 – 80% MLT

Sudeste/Centro-Oeste

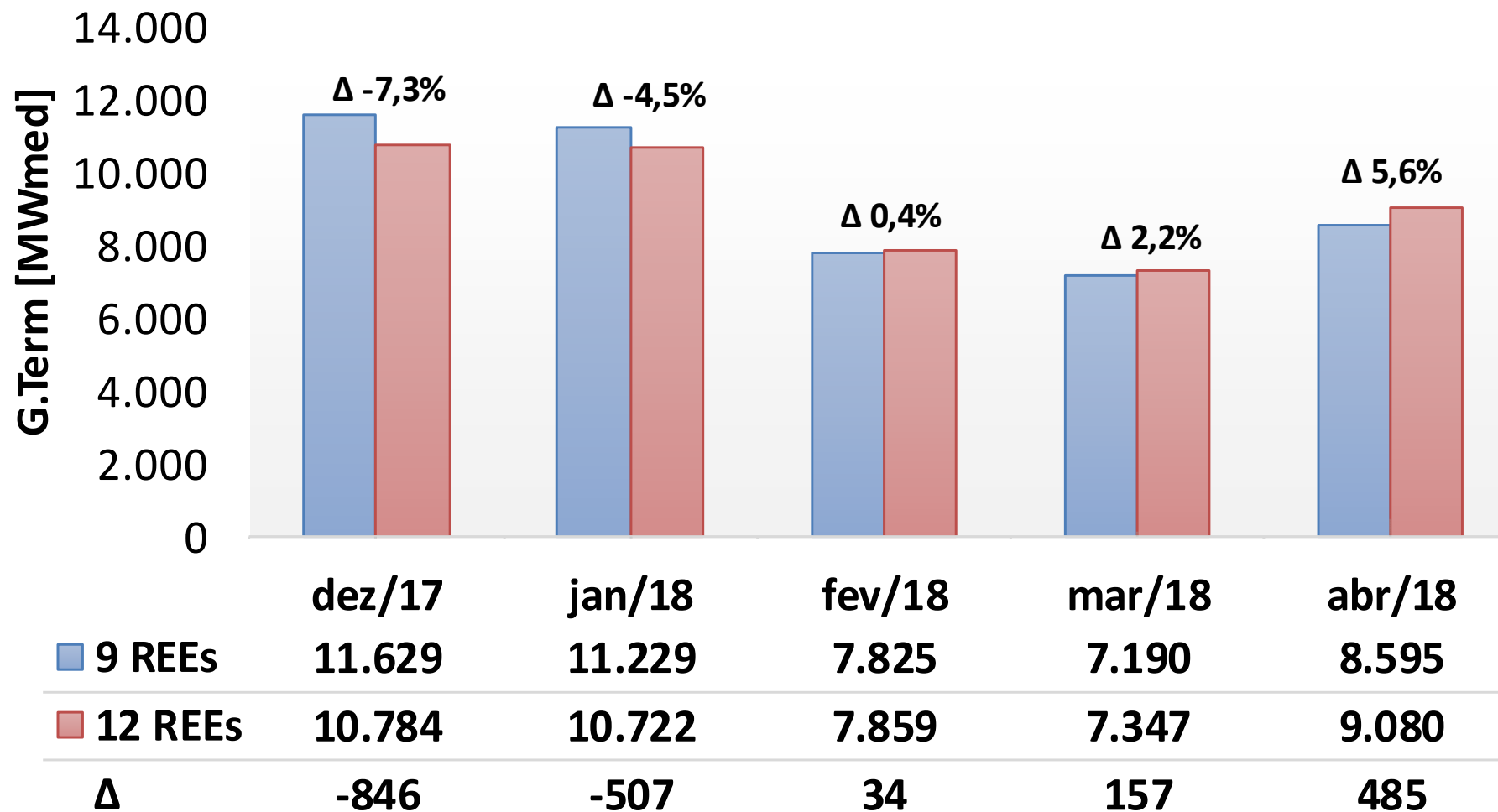


	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18
— 9 REEs	16,7	19,1	28,0	36,2	44,2	48,5
— 12 REEs	16,7	18,8	27,0	35,3	43,0	47,7
Δ		-0,3	-1	-0,9	-1,2	-0,8

Geração Térmica [MWmed]

ENA Dez/17 a Abr/18 – 80% MLT

SIN



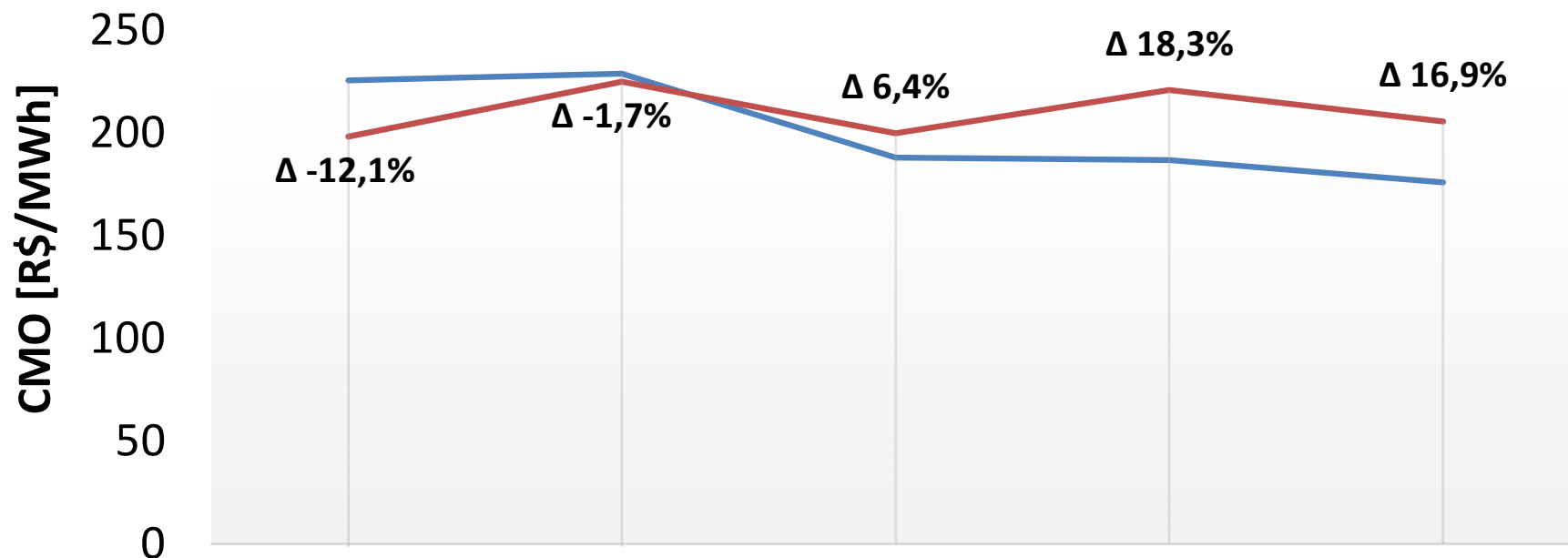


**ENA Dez/17 a Abr/18 –
90% MLT**

Custo Marginal da Operação - CMO [R\$/MWh]

ENA Dez/17 a Abr/18 – 90% MLT

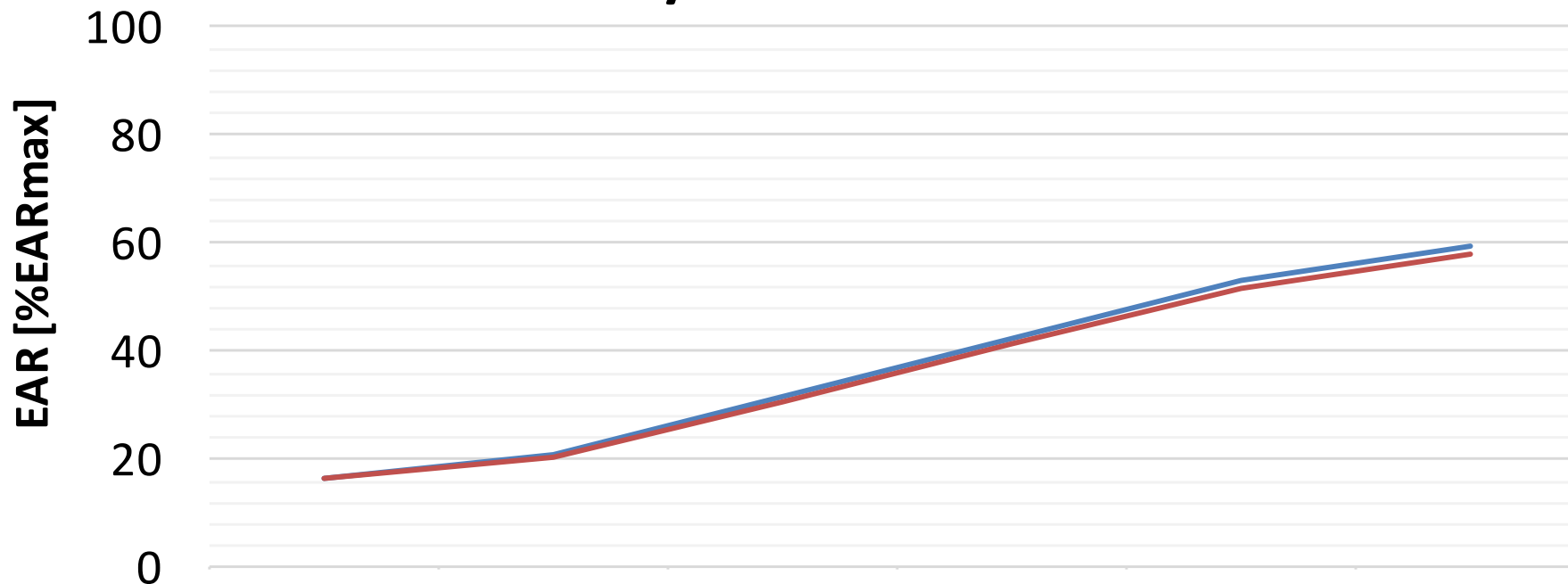
Sudeste/Centro-Oeste



	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18
— 9 REEs	225,59	228,75	187,93	186,69	175,93
— 12 REEs	198,21	224,84	199,91	220,86	205,63
Δ	-27,38	-3,91	11,98	34,17	29,70

**Energia Armazenada Final - EAR [%EARmáx]
 ENA Dez/17 a Abr/18 – 90% MLT**

Sudeste/Centro-Oeste

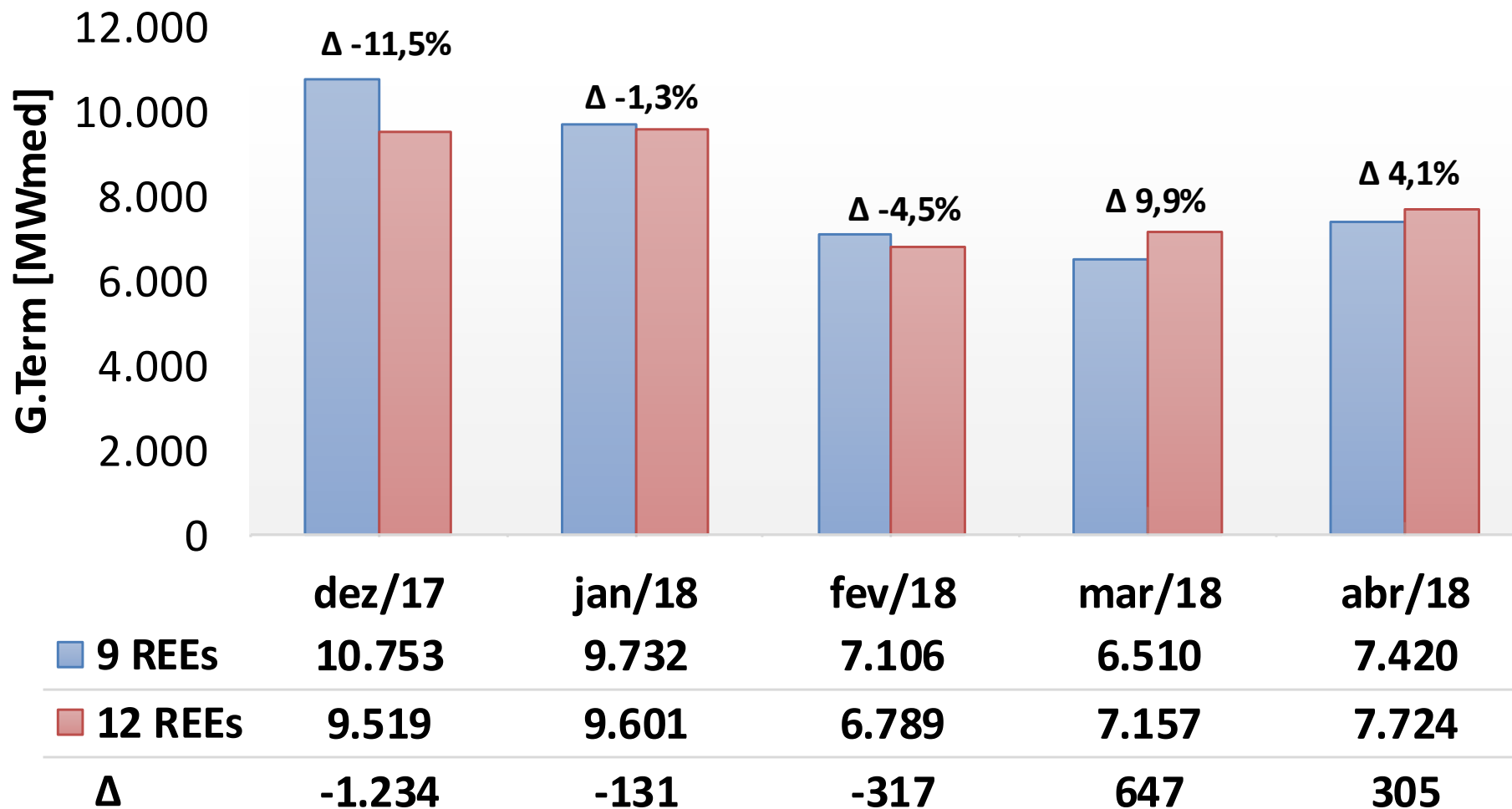


	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18
— 9 REEs	16,7	20,9	31,8	42,5	52,9	59,3
— 12 REEs	16,7	20,3	30,7	41,4	51,7	58,2
Δ		-0,6	-1,1	-1,1	-1,2	-1,1

Geração Térmica [MWmed]

ENA Dez/17 a Abr/18 – 90% MLT

SIN

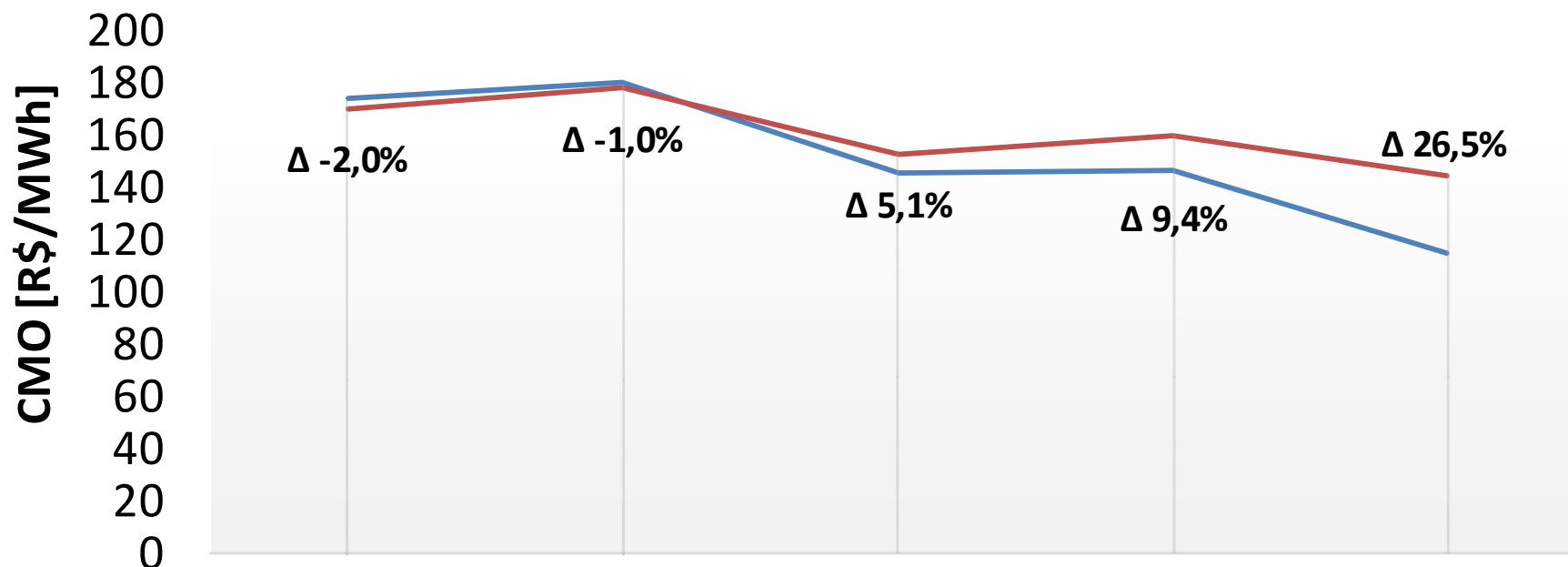




**ENA Dez/17 a Abr/18 –
100% MLT**

Custo Marginal da Operação - CMO [R\$/MWh]
ENA Dez/17 a Abr/18 – 100% MLT

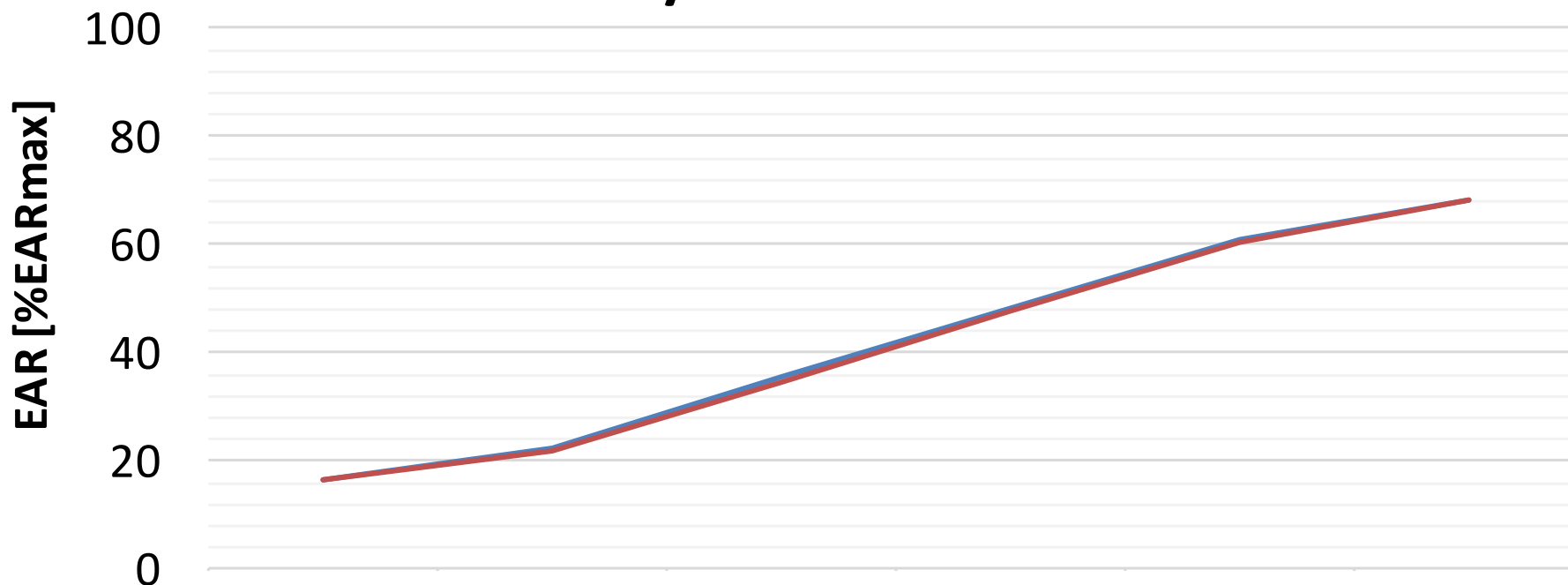
Sudeste/Centro-Oeste



	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18
— 9 REEs	173,34	179,29	145,02	145,68	114,16
— 12 REEs	169,94	177,54	152,48	159,42	144,39
Δ	-3,40	-1,75	7,46	13,74	30,23

**Energia Armazenada Final - EAR [%EARmáx]
 ENA Dez/17 a Abr/18 – 100% MLT**

Sudeste/Centro-Oeste

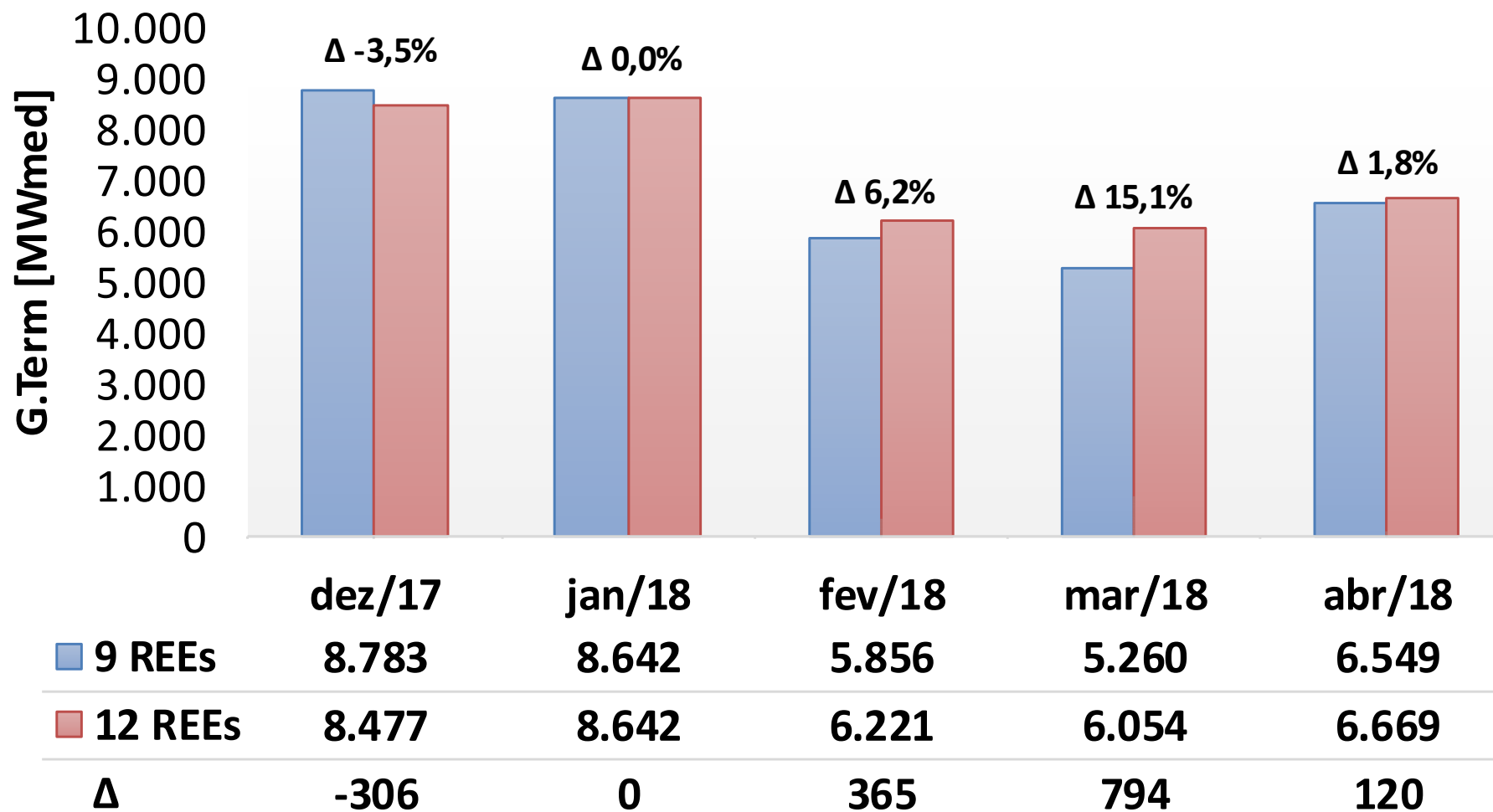


	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18
— 9 REEs	16,7	22,2	35,4	48,2	60,7	68,4
— 12 REEs	16,7	22,0	34,7	47,6	60,5	68,3
Δ		-0,2	-0,7	-0,6	-0,2	-0,1

Geração Térmica [MWmed]

ENA Dez/17 a Abr/18 – 100% MLT

SIN





Fim