



Análise da viabilidade econômica de UHRs no SIN

ROBERTO BRANDÃO

RIO DE JANEIRO, 16 DE SETEMBRO DE 2021

Sumário

1. Introdução
2. Objetivos
3. Metodologia
4. UHRs na expansão do SIN
5. UHRs x Baterias
6. UHR Serra do Lajeado – operação no curto prazo
7. Viabilização financeira das UHRs
8. Conclusões

Introdução

- As Usinas Hidrelétricas Reversíveis podem fornecer **diversos serviços** ao sistema:
 - **Potência firme**, segurança e confiabilidade;
 - Otimização do uso dos recursos de geração renovável do SIN pelo **armazenamento** de energia;
 - Inserção eficiente de grandes volumes de **geração renovável não controlável**;
 - Postergação de investimentos em **transmissão**.
- Com o forte crescimento das **renováveis intermitentes** e a redução da participação **das** UHEs, as UHRs surgem como uma alternativa importante para a expansão do SIN.
- No entanto, **o Brasil não possui um arcabouço regulatório** que viabilize e incentive investimentos neste tipo de tecnologia.
- Qualquer mudança na regulação requer que a **viabilidade econômica** deste tipo de usina para o SIN seja estabelecida....

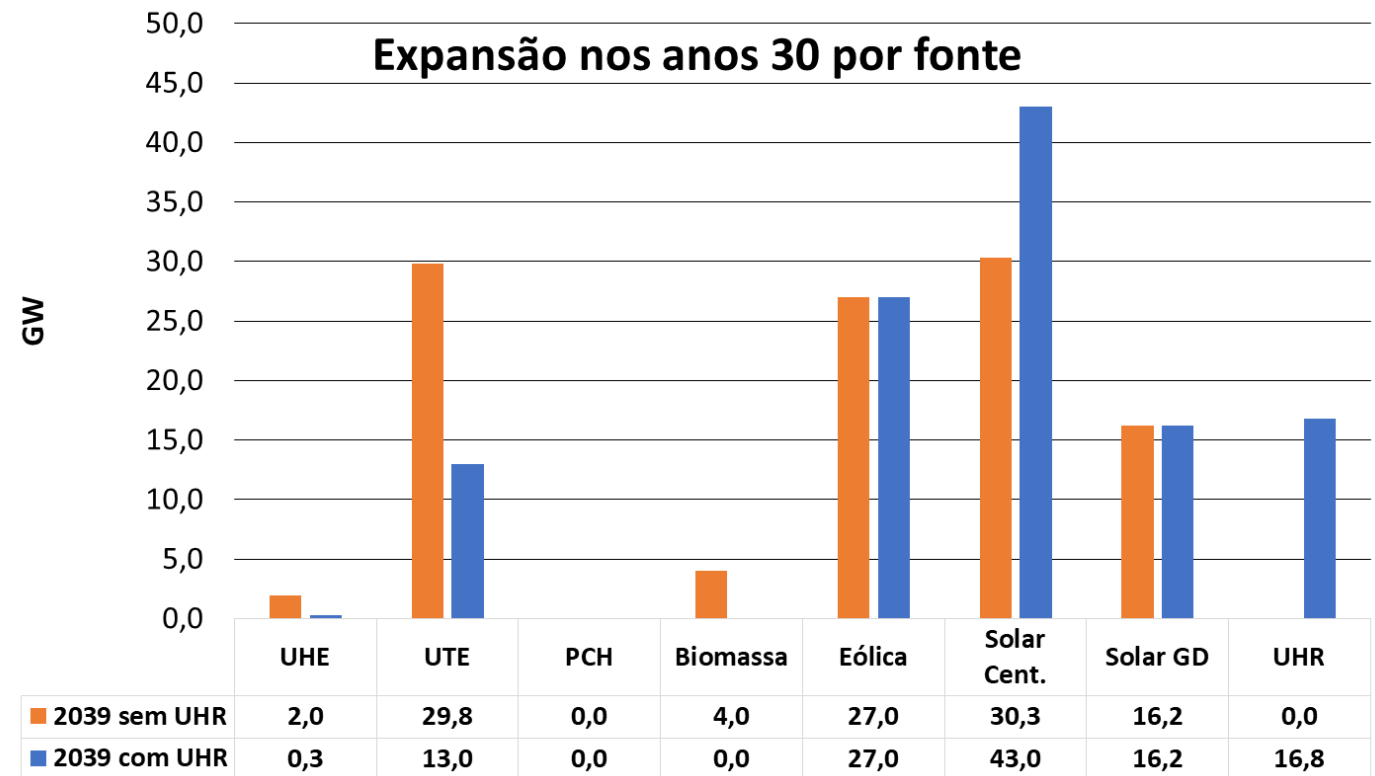
Objetivos

1. Analisar a **viabilidade econômica** das Usinas Hidrelétricas Reversíveis para a expansão do Sistema Elétrico Brasileiro.
2. Demonstrar os benefícios econômicos e apontar os desafios financeiros da inserção desta tecnologia no SIN, através de um modelo de **planejamento integrado da expansão e da operação do sistema...**

UHRs na expansão do SIN

Modelo de Expansão para o período de 2029 até 2039 (PDE 2029).

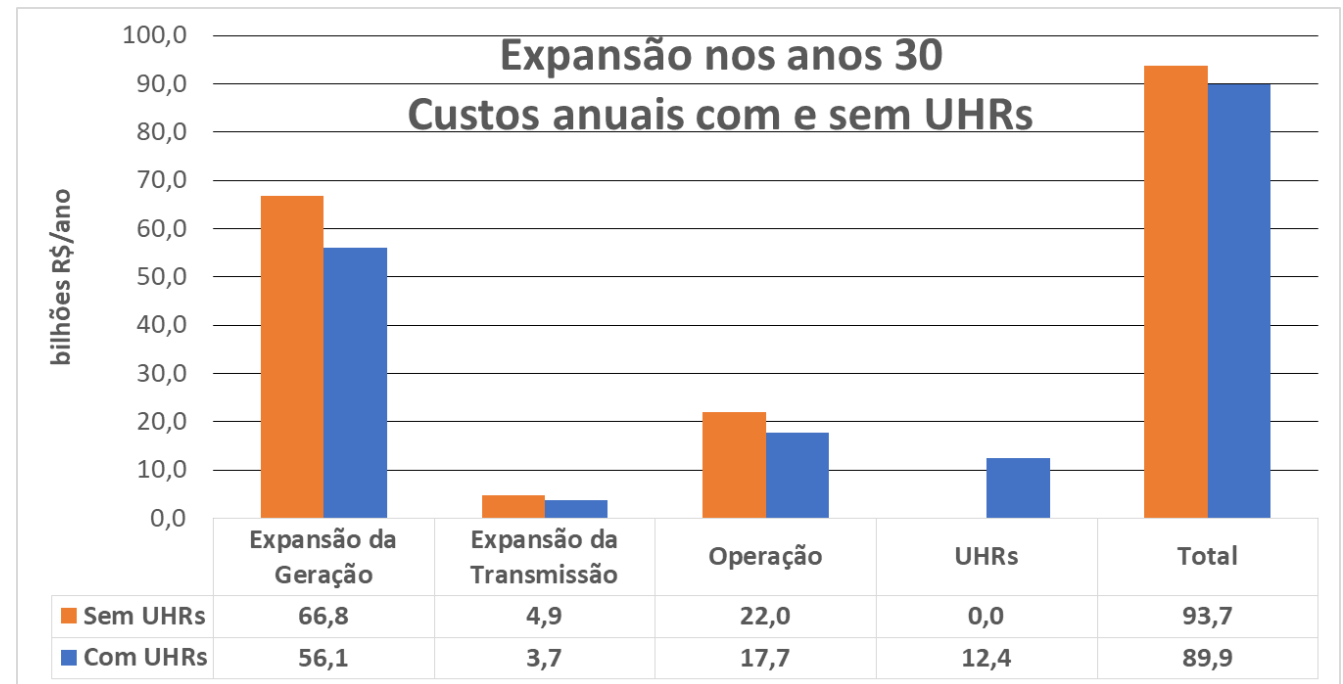
- i. No caso base, sem UHRs, a expansão fica concentrada em eólicas, solares e térmicas de *backup* (gás em ciclo aberto).
- ii. No caso com UHRs, há redução na contratação de UTEs, UHEs e Biomassa.
- iii. Em contrapartida o sistema inclui 16,8GW de UHR e maior volume de geração solar centralizada.



UHRs na expansão do SIN

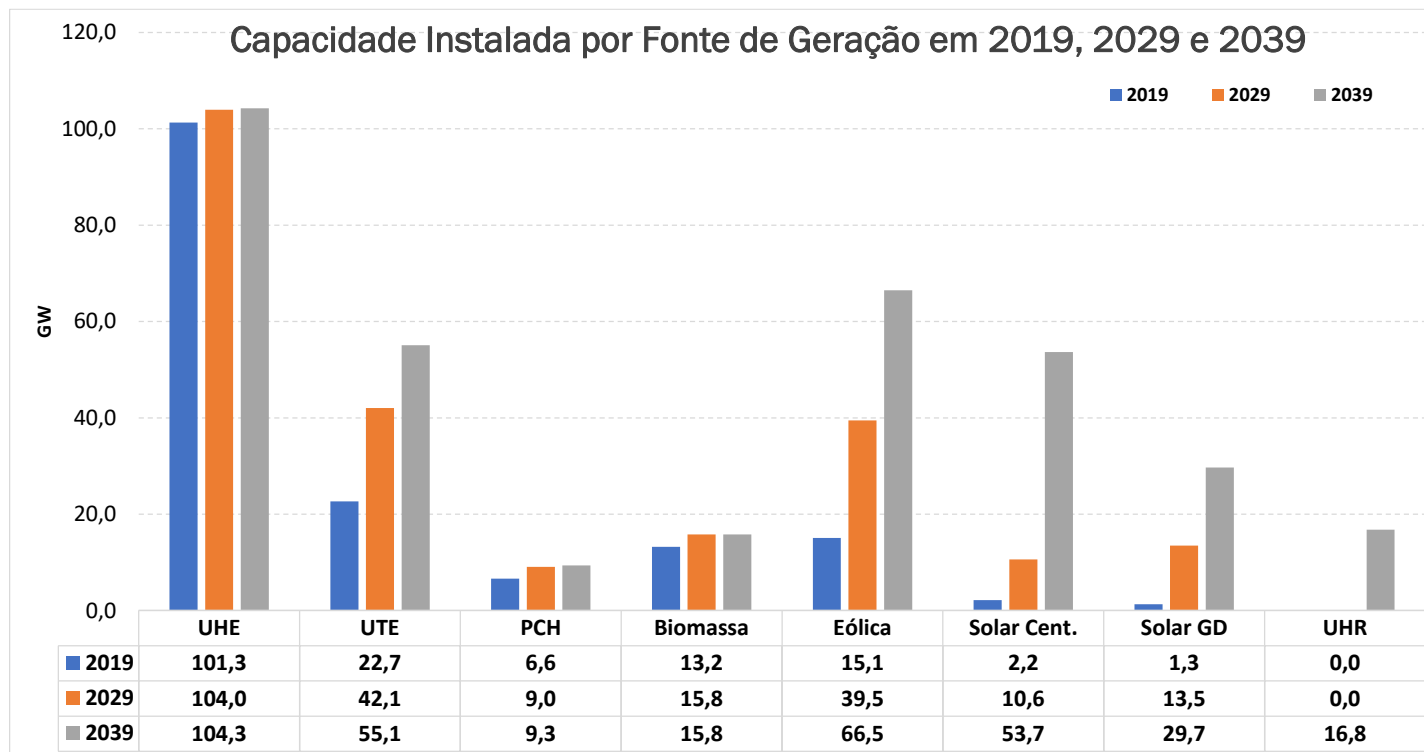
Caso com UHRs tem **custos mais** baixos do que o caso base.

- i. O custo total do modelo com UHRs é R\$3,8 bilhões/ano **(4%) menor do que o caso base**.
- ii. Há economia com anuidades da expansão da geração e da transmissão.
- iii. Redução de custos operacionais: UHRs permitem acomodar mais geração solar. E reduz **cortes de renováveis e vertimentos**.
- iv. UHRs têm custos diretos substanciais, mas **benefícios difusos**. Reduções de custo são indiretas: investimentos evitados e diminuição da geração térmica. A viabilidade financeira de investimentos em UHRs requer a monetização desses benefícios.



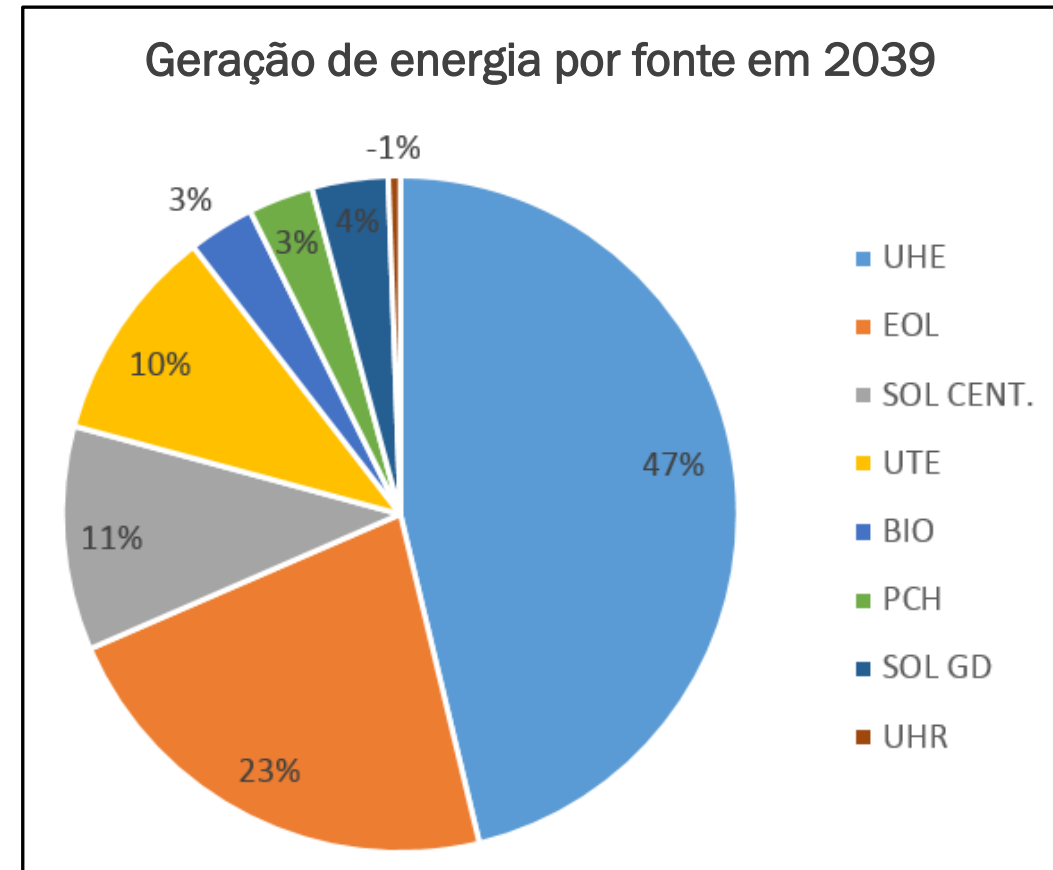
UHRs na expansão do SIN

- Matriz de geração em 2039 tem aumento de UTEs de *backup*, Eólicas, Solares e UHRs.



UHRs na expansão do SIN

- Foi realizada modelagem da **operação** do sistema em **base horária** com a configuração que resultou da expansão a mínimo custo:
 - i. Geração hídrica ainda é quase metade do total.
 - ii. A geração de energia é maciçamente renovável: apenas 10% de geração térmica (inclui nuclear);
- Modelagem de geração horária com todas as usinas individualizadas e do preço horário de curto prazo permite **avaliar diversos modelos comerciais**.



UHRs x Baterias

Baterias e alternativas: características básicas e custos

Usina	Subsistema	Capacidade instalada MW	Armazenamento (horas)	Investimento R\$/kW	Anuidade do Investimento + Encargos + O&M R\$/kW/ano
Baterias 3hs	Qualquer	Variável	3	6.000	898

UHRs x Baterias

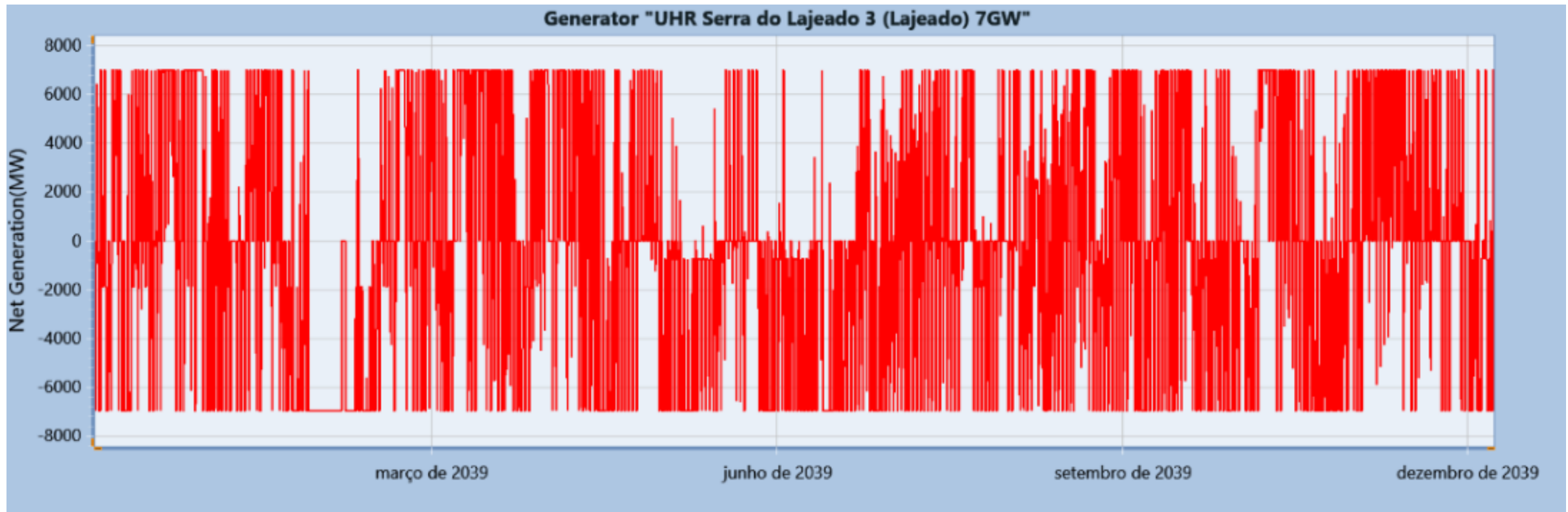
- O modelo não contratou nenhuma bateria para a expansão, com os custos e características do PDE 2029.
- Para ilustrar as diferenças entre as duas tecnologias para a operação do sistema, foram feitas simulações dos custos operacionais de curto prazo do sistema, substituindo as UHRs por Baterias de mesma potência e várias alternativas de capacidade de armazenamento.
- UHRs simuladas com eficiência de 80%, baterias 90%.
- A maior capacidade de armazenamento das UHRs (centenas de horas) se reflete em menores custos operacionais do que as baterias em todos os casos...

Custo de Operação: UHRs x Baterias em R\$ bilhões

Caso	Custo anual	Dif em relação a caso com UHRs
Com UHRs	24,20	0,00

UHR Serra do Lajeado

Operação horária



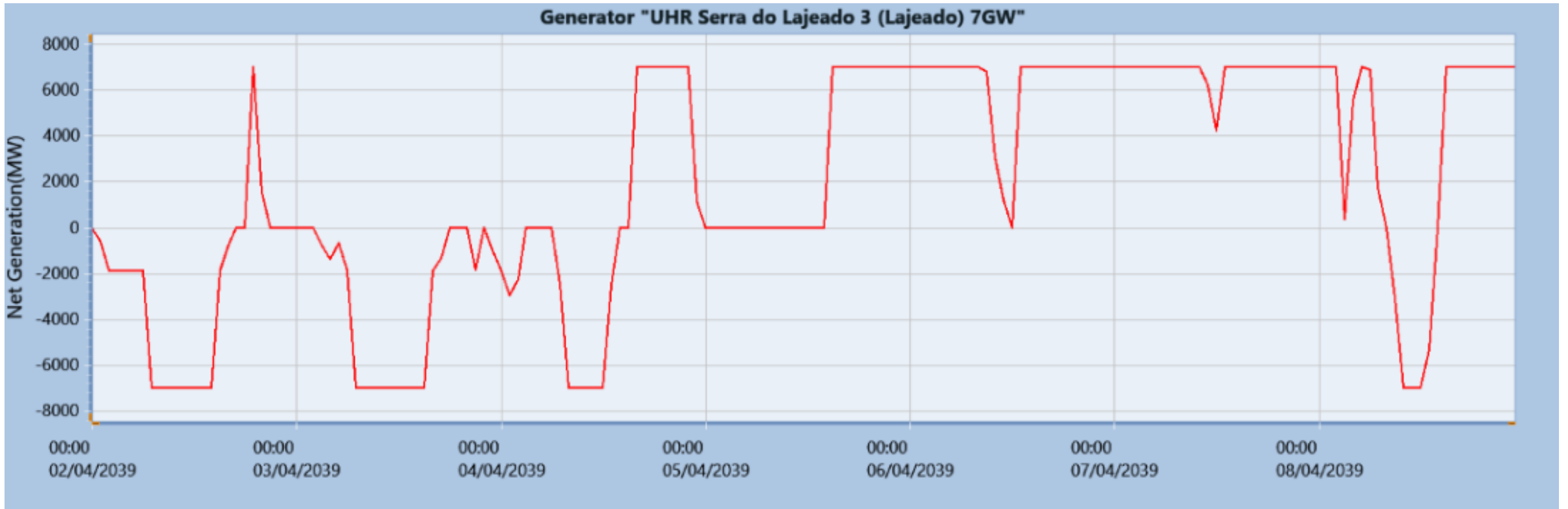
UHR Serra do Lajeado

Volume útil (médio)



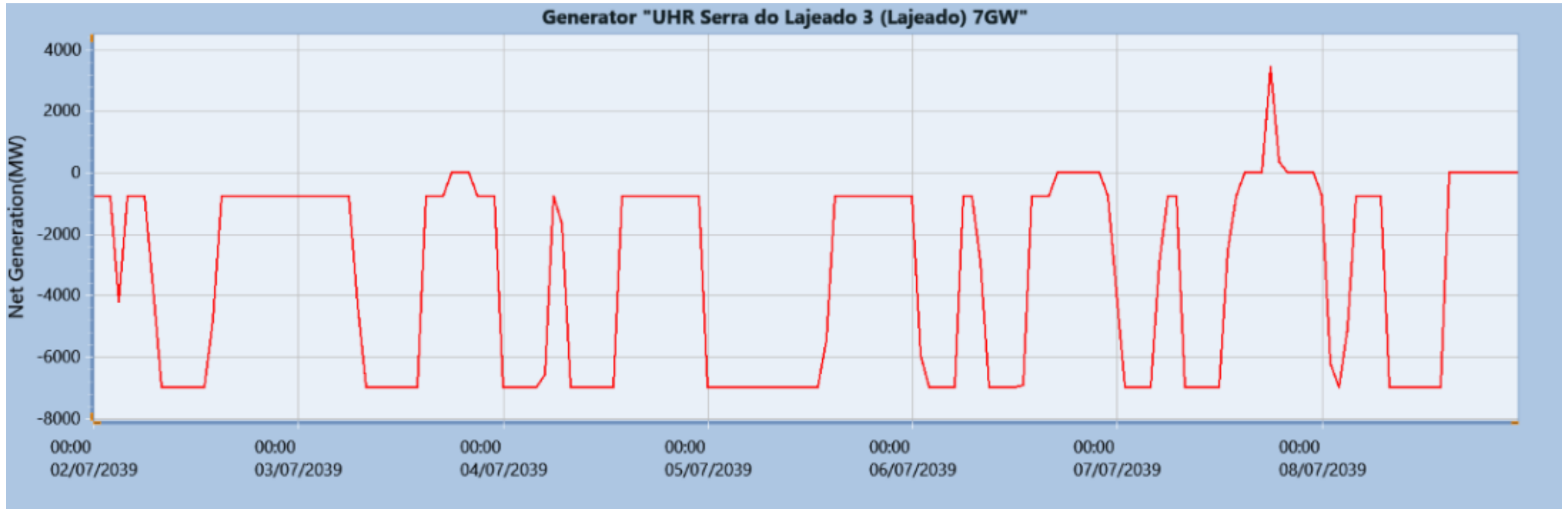
UHR Serra do Lajeado

Semana operativa (Abril)



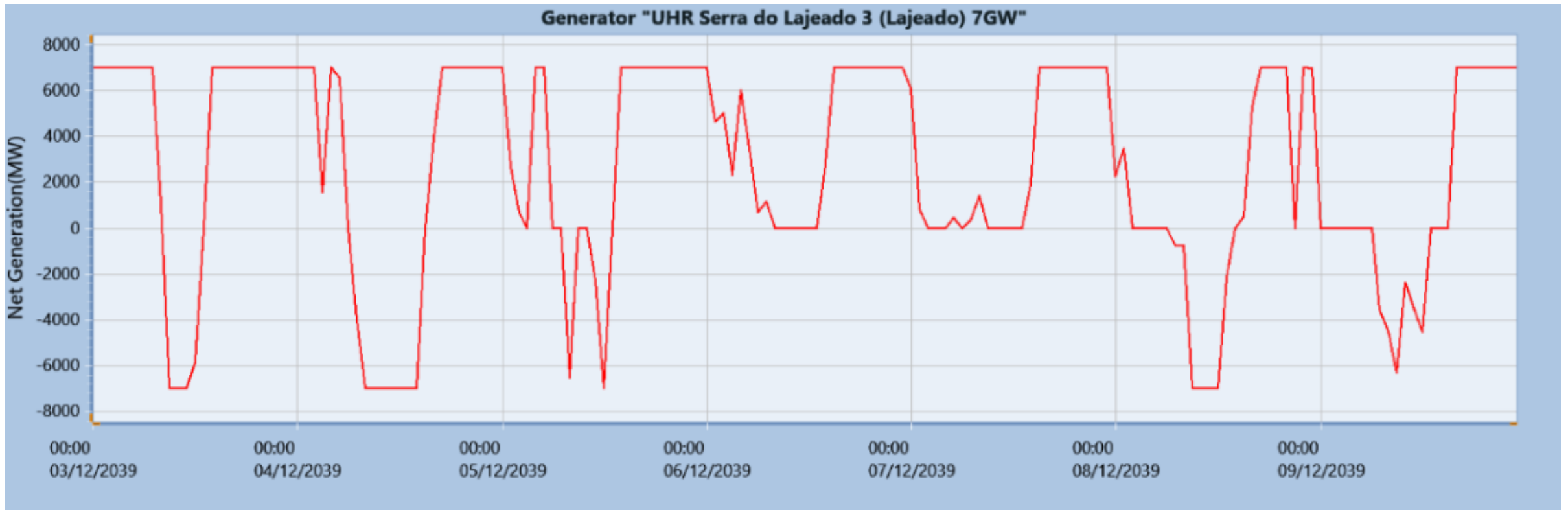
UHR Serra do Lajeado

Semana operativa (Julho)



UHR Serra do Lajeado

Semana operativa (Dezembro)



Viabilização financeira das UHRs

- Mercado de energia **não viabiliza expansão a mínimo custo**.
- As **usinas entrantes** no sistema têm, no geral, **déficit** financeiro no mercado de energia.
 - Das 16 usinas ou conjuntos de usinas novas, apenas 3 têm receitas maiores do que os custos totais anualizados (2 conjuntos de eólicas e 1 UHE).

Resultado no mercado de energia de todas as novas usinas, em R\$ bilhões

Receita líquida no mercado de energia	Custos fixos	Custo de investimento anualizado	Resultado
39,3	28,6	39,8	-29,1

Viabilização financeira das UHRs

- Foram simulados diversos mecanismos observados na experiência internacional de suporte financeiro a investimentos em expansão.
- A simulação financeira de um **mercado de capacidade** indica que ela geraria um elevado **sobrecusto para o consumidor** e **não** seria capaz de **viabilizar** a contratação dos projetos indicados na **expansão ótima**.
- A simulação financeira de **mecanismos de suporte de longo prazo** mostrou que eles são **compatíveis** com a **expansão ótima**, apresentando **menor custo para o consumidor**. Ela pode ainda ser ajustada para que os **contratos** sejam puramente **financeiros** não afetando a dinâmica de preços do mercado.

Conclusões

- As UHRs são uma opção **economicamente viável** para a expansão do SIN dado o baixo custo das renováveis não controláveis, a necessidade de contratação de fontes de potência firme complementar e a distribuição geográfica das principais fontes de energia.
- Estas usinas só serão **financeiramente viáveis** se tiverem uma remuneração segura de longo prazo, independente do resultado das compras e vendas de energia. Algo análogo aos contratos por disponibilidade com termoelétricas seria adequado.
- É preciso montar um **portfólio de projetos** aptos a serem leiloados. Isso requer uma regulação para estudos de inventário, análoga à existente para as UHRs.

Obrigado!

robertobrandao@gmail.com

GESEL - UFRJ

(21) 2051-5177 / 3577-3953