

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

Operação e Formação de Preços

Relatório

Planejamento e Regulação de Mercados de Energia Elétrica

Lucas Budde Mior

Professor: Erlon Finardi

Florianópolis

Sumário

1	Introdução	3
2	Questão 1 - Afluência Hidráulica e Demanda de Cada Barra	3
3	Questão 2 - Despacho ótimo de cada usina e custo marginal de cada barra	6
4	Questão 3 - Geração das Hidrelétricas	7
5	Questão 4 - Rendimento Global e Produtibilidade	8
6	Demanda Residual	9
7	Questão 6 - Geração Térmica	10
8	Questão 7 - Produtibilidade Constante	11

1 Introdução

Esse trabalho demonstra a simulação de um sistema elétrico alimentado por uma usina hidrelétrica e 3 térmicas, durante um período de 20 horas. Para o despacho, é utilizado um modelo de otimização implementado em python utilizando a biblioteca Gurobipy. Os cálculos de formação de preço também foram implementados em python, com base no despacho otimizado.

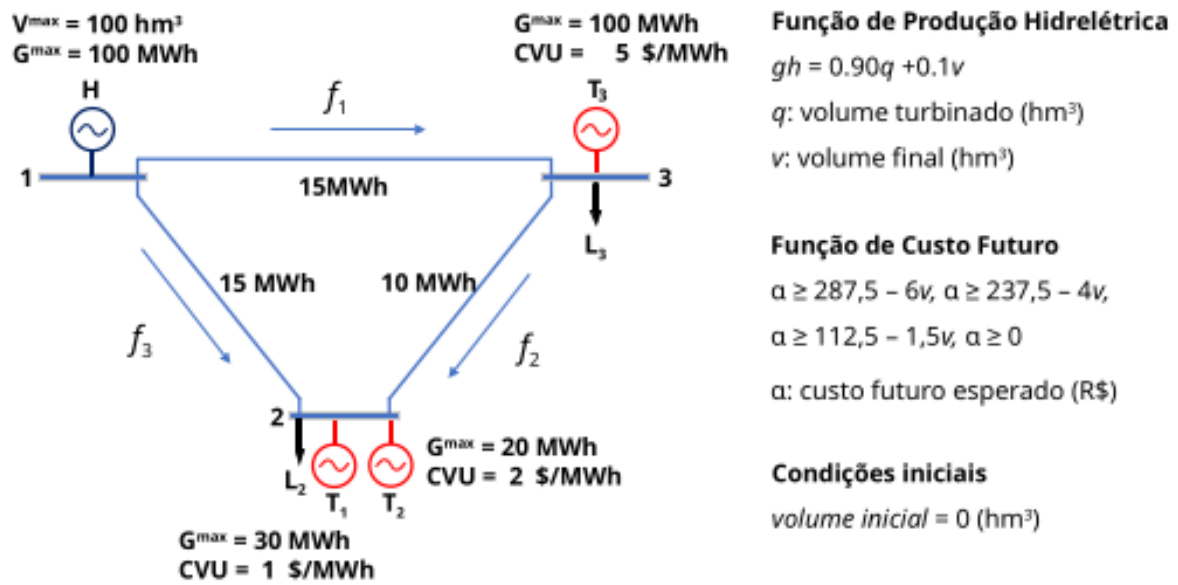


Figura 1: Apresentação do sistema

2 Questão 1 - Afluência Hidráulica e Demanda de Cada Barra

O volume afluente é modelado como uma distribuição uniforme entre 0 e $100hm$. Os valores sortados foram os seguintes:

Período	Volume
0	77
1	28
2	17
3	41
4	97
5	18
6	13
7	21
8	95
9	0
10	62
11	4
12	30
13	58
14	23
15	87
16	67
17	60
18	47
19	69

As demandas por barra, por sua vez, são modeladas como uma distribuição normal com média 25 e desvio padrão 2, com exceção da barra 1 que não possui carga. As demandas por barra foram as seguintes:

Período	L1	L2	L3
0	0	24	28
1	0	24	27
2	0	25	23
3	0	22	25
4	0	22	25
5	0	25	27
6	0	24	23
7	0	29	27
8	0	25	24
9	0	25	28
10	0	26	22
11	0	25	25
12	0	26	22
13	0	30	24
14	0	23	24
15	0	24	24
16	0	25	27
17	0	25	21
18	0	27	26
19	0	25	26

3 Questão 2 - Despacho ótimo de cada usina e custo marginal de cada barra

4 Questão 3 - Geração das Hidrelétricas

	ESTÁGIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Afluência UHE 1	1843	1959	2059	2653	3102	3609	4265	4805	5709	6803	7856	8837
Afluência UHE 2	1256	1307	1533	1395	1481	1477	1496	1659	1482	1474	1502	1463
Afluência UHE 3	833	799	799	801	687	812	982	984	1102	1102	1218	1304

Figura 2: Geração das Hidrelétricas

	ESTÁGIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Afluência UHE 1	1843	1959	2059	2653	3102	3609	4265	4805	5709	6803	7856	8837
Afluência UHE 2	1256	1307	1533	1395	1481	1477	1496	1659	1482	1474	1502	1463
Afluência UHE 3	833	799	799	801	687	812	982	984	1102	1102	1218	1304

Figura 3: Número de unidades despachadas

5 Questão 4 - Rendimento Global e Produtibilidade

	ESTÁGIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Afluência UHE 1	1843	1959	2059	2653	3102	3609	4265	4805	5709	6803	7856	8837
Afluência UHE 2	1256	1307	1533	1395	1481	1477	1496	1659	1482	1474	1502	1463
Afluência UHE 3	833	799	799	801	687	812	982	984	1102	1102	1218	1304

Figura 4: Rendimento Global

	ESTÁGIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Afluência UHE 1	1843	1959	2059	2653	3102	3609	4265	4805	5709	6803	7856	8837
Afluência UHE 2	1256	1307	1533	1395	1481	1477	1496	1659	1482	1474	1502	1463
Afluência UHE 3	833	799	799	801	687	812	982	984	1102	1102	1218	1304

Figura 5: Produtibilidade

6 Demanda Residual

Aqui é observado o balanço de potência para cada estágio considerando apenas a geração eólica e hidrelétrica. A demanda residual deverá ser atendida por termelétricas.

	ESTÁGIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Afluência UHE 1	1843	1959	2059	2653	3102	3609	4265	4805	5709	6803	7856	8837
Afluência UHE 2	1256	1307	1533	1395	1481	1477	1496	1659	1482	1474	1502	1463
Afluência UHE 3	833	799	799	801	687	812	982	984	1102	1102	1218	1304

Figura 6: Balanço de Potência

7 Questão 6 - Geração Térmica

	ESTÁGIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Afluência UHE 1	1843	1959	2059	2653	3102	3609	4265	4805	5709	6803	7856	8837
Afluência UHE 2	1256	1307	1533	1395	1481	1477	1496	1659	1482	1474	1502	1463
Afluência UHE 3	833	799	799	801	687	812	982	984	1102	1102	1218	1304

Figura 7: Informações das Usinas Termelétricas

Considerando a tabela da figura 7, foi optado por priorizar o uso da térmica 1, e evitar desligar a térmica 1 e 2. Dessa forma pode-se evitar ao máximo o uso da usina mais cara (3).

Nota-se que em alguns momentos foi necessário reduzir a geração das térmicas 1 e 2, para que no período seguinte, com menor demanda, fosse possível realizar o despacho. Isso acarretou em um aumento no uso da térmica 3 e no custo total de operação.

Nota-se que, mesmo utilizando uma usina hipotética com geração e rampa ilimitadas, ainda não é simples realizar esse despacho. O custo total foi de R\$ 1350260.

	ESTÁGIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Afluência UHE 1	1843	1959	2059	2653	3102	3609	4265	4805	5709	6803	7856	8837
Afluência UHE 2	1256	1307	1533	1395	1481	1477	1496	1659	1482	1474	1502	1463
Afluência UHE 3	833	799	799	801	687	812	982	984	1102	1102	1218	1304

Figura 8: Geração Térmica

8 Questão 7 - Produtibilidade Constante

Agora, a geração das hidrelétricas é modelada como constante. O custo total foi de R\$ 1336180. Ao analisar os resultados, não houve diferença significativa para essa simulação a respeito do despacho das usinas termelétricas, no entanto, num contexto maior, o resultado poderia ser comprometedor.

A operação inadequada das térmicas (muitas ligamentos e desligamentos, uso de usinas mais caras) geraria um custo muito maior, devido a pequenas imprecisões na modelagem das usinas hidrelétricas. Dessa forma, esse modelo deve ser utilizado somente no planejamento a longo prazo, não para a operação diária.

	ESTÁGIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Afluência UHE 1	1843	1959	2059	2653	3102	3609	4265	4805	5709	6803	7856	8837
Afluência UHE 2	1256	1307	1533	1395	1481	1477	1496	1659	1482	1474	1502	1463
Afluência UHE 3	833	799	799	801	687	812	982	984	1102	1102	1218	1304

Figura 9: Produtibilidade constante para cada usina

	ESTÁGIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Afluência UHE 1	1843	1959	2059	2653	3102	3609	4265	4805	5709	6803	7856	8837
Afluência UHE 2	1256	1307	1533	1395	1481	1477	1496	1659	1482	1474	1502	1463
Afluência UHE 3	833	799	799	801	687	812	982	984	1102	1102	1218	1304

Figura 10: Geração hidrelétrica para produtividade constante

	ESTÁGIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Afluência UHE 1	1843	1959	2059	2653	3102	3609	4265	4805	5709	6803	7856	8837
Afluência UHE 2	1256	1307	1533	1395	1481	1477	1496	1659	1482	1474	1502	1463
Afluência UHE 3	833	799	799	801	687	812	982	984	1102	1102	1218	1304

Figura 11: Balanço de potência para produtividade constante

	ESTÁGIO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Afluência UHE 1	1843	1959	2059	2653	3102	3609	4265	4805	5709	6803	7856	8837
Afluência UHE 2	1256	1307	1533	1395	1481	1477	1496	1659	1482	1474	1502	1463
Afluência UHE 3	833	799	799	801	687	812	982	984	1102	1102	1218	1304

Figura 12: Geração térmica para produtividade constante das hidrelétricas