



GPL/012
21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

**GRUPO VII
ESTUDO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS**

**A VIABILIDADE DA RECAPACITAÇÃO DE TERMELÉTRICA CONDICIONADA ÀS REGRAS DO
MERCADO ATACADISTA DE ENERGIA**

*Belmirando Koury Costa
Francisco Aguinaldo S. Bem

Márcio Luiz de Carvalho Freire
Eduardo Manoel Mota Silveira

CHESF

CHESF

RESUMO

Este artigo trata da quantificação da viabilidade de recuperação de termelétricas, constituídas de turbinas a gás operando em ciclo aberto, condicionada às novas regras de mercado, bem como à flexibilidade no suprimento de combustível. A recuperação da térmica é comparada com a implantação de uma usina nova de porte equivalente, avaliando-se os riscos e benefícios associados.

PALAVRAS-CHAVE

Recapacitação, Mercado Atacadista de Energia, Volatilidade, Preço “Spot”, Contratos, Riscos, Gás Natural.

1.0 INTRODUÇÃO

A recuperação de usinas térmicas antigas tem a seu favor o reduzido investimento quando comparado ao necessário para a implantação de máquinas novas porém, como contraponto, apresenta a desvantagem de apresentar uma eficiência inferior, em virtude de, na maioria das vezes, ser constituída por unidades tecnologicamente ultrapassadas.

No presente estudo, a competitividade da recuperação da UTE foi avaliada em relação a implantação de duas alternativas de térmicas novas, ou seja, projetos de ciclo aberto e combinado. A opção definida para a térmica recuperada é a operação em ciclo aberto.

Nestas circunstâncias, o custo de recuperação corresponde a 22% e a 15% do investimento de implantação de usinas novas, respectivamente para projetos de ciclo simples e combinado. O rendimento previsto é 23% e 45% inferior quando comparado

Deste modo, a operação desta usina em regime de base não é competitiva com a utilização de unidades novas nas mesmas condições. Este fato decorre do alto custo de operação, em virtude do maior consumo de combustível devido a baixa eficiência da usina recuperada.

Assim, para operações em regime de base, a utilização de unidades a ciclo combinado, em virtude da maior eficiência, é a opção recomendada.

Entretanto, se considerarmos a operação flexível da usina, ou seja, disponibilizá-la para ser despachada centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema – ONS, a térmica só será despachada quando o seu “custo” (preço) de operação informado for igual ou superior ao preço do mercado de curto prazo (“SPOT”). Nestas condições, a receita da usina será obtida pela soma de duas parcelas a saber:

- Parcela da sua energia comercializada através de contratos bilaterais multiplicada pelo preço de venda estabelecido;
- Parcela da energia comercializada no mercado de curto prazo (sem contrato) multiplicada pela diferença entre o preço da energia no “Spot” e o “custo” de operação da usina.

Por outro lado, nos períodos em que o preço da energia de curto prazo é inferior ao custo de operação da térmica, a mesma não será solicitada a operar, tendo como receita apenas aquela relativa à parcela de sua energia contratada.

Os valores dos preços no mercado “Spot” são condicionados significativamente pela disponibilidade

¹ * Rua Dr. Delmiro Gouveia, 333 - Bloco C, Sala 202 - CEP 50761-901 - Recife - PE
Tel: (081) 3229-2978 - Fax: (081) 3229-3292 – e-mail: bkoury@chesf.gov.br

correspondendo a mais de 90% da oferta total de geração. Este fato, proporciona longos períodos com preços muito baixos alternando-se curtos períodos de preços bastante elevados.

Esta característica do sistema brasileiro, tende a manter as usinas térmicas, que operam de forma flexível, inativas por longos períodos, fato que se reflete nos baixos fatores de capacidade médios deste tipo de usina. Nesta forma de operação, quanto maior o custo de operação da usina menor o seu fator de capacidade esperado ao longo da sua vida útil de operação. Diferentemente ao que ocorre na operação inflexível (regime de base), a operação condicionada aos preços de curto prazo do MAE, tende a reduzir a desvantagem da baixa eficiência das usinas recuperadas, tornando-as competitivas frente a novos projetos termelétricos.

Este artigo analisa a atratividade da recuperação de uma térmica dentro deste contexto, determinando-se o nível ótimo de contratação da sua energia de modo a fazer o melhor uso da volatilidade dos preços no mercado de curto prazo, reduzindo-se os riscos associados ao processo.

Este procedimento é realizado tanto para a usina térmica recuperada quanto para as alternativas de UTE's novas de modo a se avaliar a melhor opção dentro das mesmas premissas e critérios.

2.0 DADOS, CRITÉRIOS E PREMISSAS PRINCIPAIS

Como condições de contorno deste estudo, destacam-se as seguintes:

- As usinas serão avaliadas em função da distribuição do Valor Presente Líquido – VPL do fluxo de caixa do projeto obtido para cada série hidrológica simulada;
- O preço de contratação da energia da térmica foi estabelecido com sendo um valor referencial de contrato, sendo baseado no custo da oferta de geração no período e na elasticidade do mercado;
- Os preços do MAE foram obtidos a partir da simulação com o modelo NEWAVE, considerando-se 2000 séries hidrológicas sintéticas, estabelecidos para um período compatível com a vida útil econômica dos projetos (20 anos);
- Foi adotado um cenário de expansão de longo prazo baseado no Programa Decenal de Geração do Setor Elétrico Brasileiro;
- Foi adotada uma taxa de atualização para o fluxo de caixa dos projetos de 12 % a.a.;

- Foi definido o gás natural como combustível para as térmicas, ao preço de US\$ 2,41/MMBTU.

3.0 – METODOLOGIA UTILIZADA

A partir da simulação com o modelo NEWAVE, são obtidos, para cada série hidrológica de 20 anos, 240 valores mensais para o preço do MAE ao longo do período de vida útil da usina. Na ocorrência deste cenário, estes preços definirão a forma de operação da usina, bem como as despesas e receitas decorrentes, a partir de um percentual de contratação da sua energia previamente estabelecido. Deste modo, obtém-se, para cada cenário hidrológico, um VPL associado ao projeto, perfazendo um total de 2000 VPL's.

Estes valores são analisados estatisticamente definindo as principais características da amostra obtida (Máximo, mínimo, média, desvio padrão, assimetria), construindo-se uma curva de distribuição de probabilidades que permitirá avaliar o risco associado a esta forma de comercialização e ao projeto considerado.

Este processo é repetido para diversos valores de energia contratada com o objetivo de se estabelecer o fator de contratação ideal, definido como aquele que minimiza a probabilidade de se obter VPL's negativos.

Como subsídio complementar para a tomada de decisão, é determinado, para cada parcela de contratação estabelecida, o preço de venda de equilíbrio definido como o valor mínimo a ser cobrado nos contratos bilaterais de modo a anular a probabilidade de se obter valores negativos de VPL em toda a amostra.

As análises energéticas, econômicas e financeiras, bem como a análise estatística dos resultados obtidos são realizadas através da utilização de um modelo de simulação do despacho da usina e, conseqüentemente da comercialização da sua energia, agregando-se a avaliação financeira do projeto ao longo da sua vida útil, considerando-se, entre outros aspectos, as condições de financiamento, taxas e impostos associados, incorporando-se rotinas de otimização necessárias ao estabelecimento do preço de venda de equilíbrio mencionado anteriormente.

4.0 – CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS UTE's

Na tabela 1 estão descritos os principais parâmetros utilizados nas análises efetuadas. Estes valores estão baseados em levantamentos realizados junto a fabricantes (usinas novas), bem como dos custos decorrentes da recuperação.

Os valores de potência instalada foram ajustados, de modo a facilitar a comparação dos projetos sem prejuízo dos resultados finais.

TABELA 1 : Parâmetros Utilizados

	UTE		
	Nova		Recup.
	CC	CA	CA
Heat Rate	7028	9751	12641
Rendimento (%)	49%	35%	27%
Potência Líquida	200	200	200
Investimento (%)	100	67	15
Ciclo	Comb.	Aberto	Aberto

5.0 RESULTADOS OBTIDOS

5.1 – Operação em Regime de Base (Inflexível)

Para permitir uma melhor avaliação da influência da operação flexível dentro das novas regras estabelecidas para o setor elétrico brasileiro, foram determinados os VPL's dos projetos, operando a plena carga e com contratação de toda a energia gerada ao preço de referência, mencionado no item 2. Os resultados podem ser visualizados na tabela 2.

TABELA 2 : Resultados Obtidos

	VPL (1)	PE (2)
UTE Recuperada - CA	-4,362	1,17
UTE Nova - CA	-0,443	1,10
UTE Nova - CC	0,030	0,99

(1) - Valor Presente Líquido expresso em "pu" do investimento total;

(2) - Preço de Equilíbrio (Valor que anula o VPL).

Nestas condições, a recuperação da térmica não é viável, apresentando um VPL negativo igual a 4,4 vezes o capital investido. Para eliminar esta situação desfavorável, o preço de venda da energia deveria ter um acréscimo de 17%, portanto, bem acima do limite de preço estabelecido.

A implantação de uma térmica a ciclo aberto, apesar de não apresentar resultados tão desfavoráveis, não se mostra viável, visto que o VPL do projeto é negativo, representando cerca de 44% do investimento total. Da mesma forma, o preço de equilíbrio se situa 10% acima do limite, o que comprova a reduzida competitividade do projeto.

Deste modo, os resultados comprovam que, para uma operação em regime de base, apenas a UTE a ciclo combinado apresenta um valor positivo de VPL (3% do capital investido), com um preço de equilíbrio da ordem do preço de referência (1% inferior).

5.2 – Operação Flexível

Ao contrário da operação na base, a operação flexível é condicionada aos preços no mercado "Spot", sendo portanto de natureza probabilística. Os resultados obtidos para os três projetos em tela serão descritos abaixo:

- Recuperação da UTE

A parcela ideal da energia a ser contratada é determinada considerando-se dois parâmetros : Preço de Equilíbrio e a Probabilidade de obtenção de VPL's negativos. Como regra geral, ao se definir o percentual de contratação tenta-se minimizar estes dois parâmetros. A figura 1 e 2, mostra a evolução destes parâmetros em função do fator de contratação da energia da térmica.

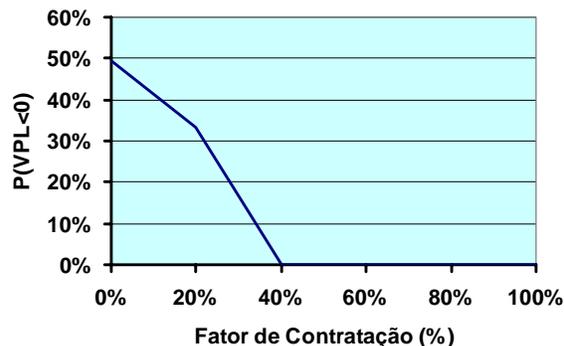


FIGURA 1 : P(VPL<0) X Fator de Contratação (%)

Na figura acima, verifica-se que a partir de 40% de energia contratada, a probabilidade de se obter VPL's negativos em qualquer das 2000 séries simuladas é nula.

Analisando-se a evolução do preço de equilíbrio, verifica-se que o mínimo ocorre quando se estabelece um nível de contratação da energia da térmica da ordem de 80% (Figura 2).

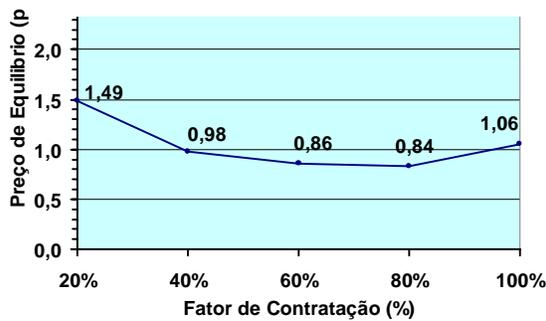


FIGURA 2 : Preço de Equilíbrio X F. Contratação

Deste modo, o fator de contratação que minimiza simultaneamente estes dois parâmetros é igual a 80%, ou seja, 20% da energia gerada pela térmica será comercializada no mercado de curto prazo (sem contrato).

A análise estatística desta forma de operação pode ser visualizada na Figura 3. Observando-se esta figura, verifica-se a viabilidade da recuperação da usina, quando considera-se o despacho da mesma centralizado, ou seja, condicionado às características do sistema elétrico. Nestas condições, o retorno mínimo, traduzido em termos de VPL, é da ordem de 3 vezes o capital investido, podendo atingir valores de até 21 vezes este capital. Em termos médios, obtém-se um retorno de 700% em relação ao investimento total.

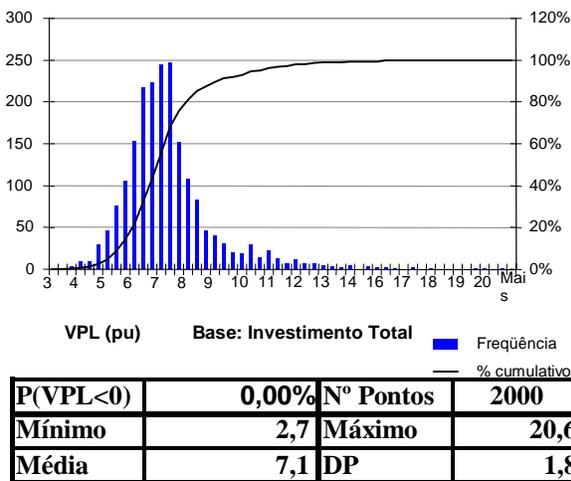


FIGURA 3 : Distribuição de Freqüências

- UTE Nova – C. Aberto

De forma similar ao item anterior, a Figura 4 apresenta a curva dos valores de probabilidade de VPL's negativos em função do fator de contratação utilizado nas simulações.

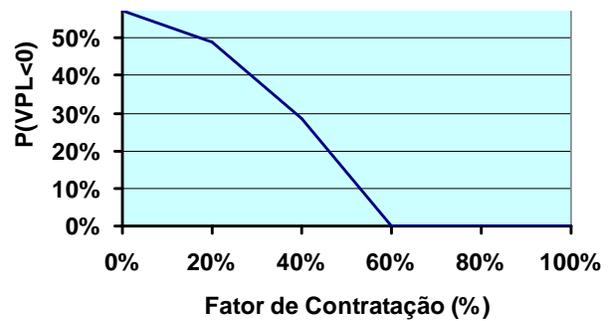


FIGURA 4 : P(VPL<0) X Fator de Contratação (%)

Verifica-se que, a partir de uma contratação da ordem de 60% da energia da usina, o risco de se obter valores negativos de VPL é nulo.

Em relação ao Preço de Equilíbrio, a Figura 5 mostra a evolução do mesmo em função da energia contratada. Nesta curva, verifica-se que o mínimo ocorre no ponto em que a parcela contratada é da ordem de 80%, sendo portanto a forma de comercialização definida para o projeto.

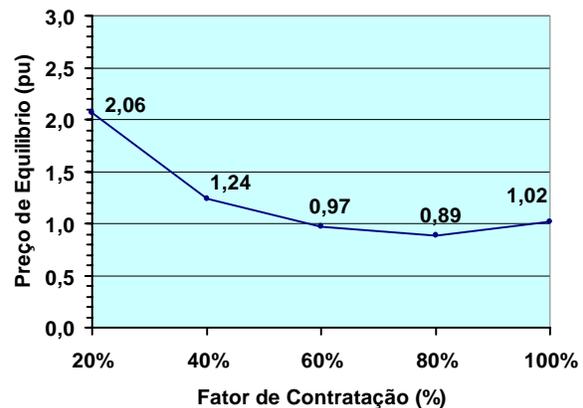
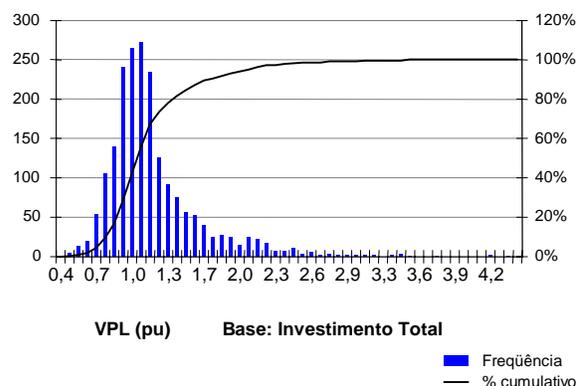


FIGURA 5 : Preço de Equilíbrio X F. de Contratação

A distribuição dos VPL's obtidos nas simulações está indicada na Figura 6 onde evidencia-se os valores máximo, mínimo, esperado e o desvio padrão da distribuição, bem como a probabilidade de se obter VPL's negativos que, nesta forma de comercialização como visto anteriormente é nula.

Observando-se a Figura 6, verifica-se que o retorno máximo é cerca de 440% do capital investido. O valor esperado atinge 120% deste mesmo capital.



P(VPL<0)	0,00%	Nº Pontos	2000
Mínimo	0,4	Máximo	4,4
Média	1,2	DP	0,4

FIGURA 6 : Distribuição de Freqüências

Observando-se a Figura 6, verifica-se que o retorno máximo é cerca de 440% do capital investido. O valor esperado atinge 120% deste mesmo capital.

- UTE Nova – C. Combinado

A Figura 7 apresenta a variação do risco associado a obtenção de VPL's negativos com o fator de contratação adotado. Similarmente ao caso anterior, a partir de um percentual de contratação da ordem de 60%, o risco de se obter VPL's menores que zero é nulo.

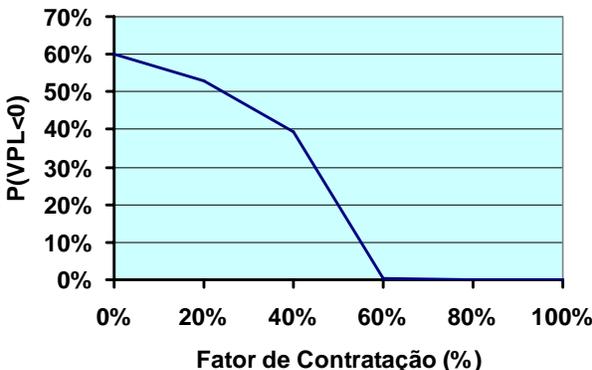


FIGURA 7 : P(VPL<0) X Fator de Contratação (%)

A variação do Preço de equilíbrio em função do fator de contratação está mostrada na Figura 8.

A parcela a ser contratada que minimiza este preço está em torno de 80% do total da energia disponível da usina.

Em relação aos projetos novos, o preço de equilíbrio mínimo é cerca de 11% inferior ao valor de referência, independentemente do ciclo adotado (aberto ou combinado).

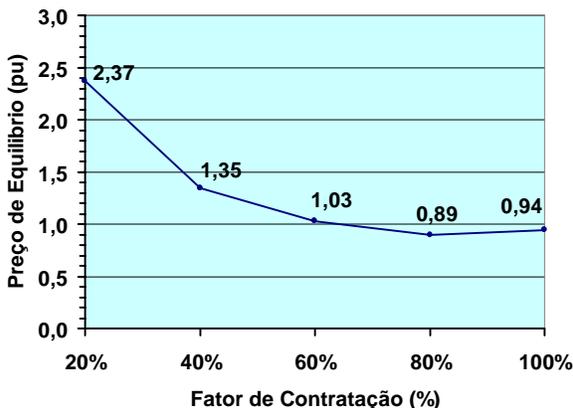
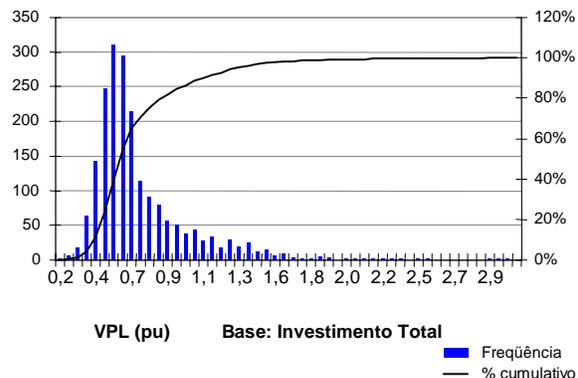


FIGURA 8 : Preço de Equilíbrio X F. de Contratação

Os resultados decorrentes da análise estatística da distribuição dos VPL's estão indicados na Figura 9.

Este projeto, em termos de retorno sobre o investimento realizado, apresenta os menores valores em relação aos outros projetos analisados. O máximo de retorno que pode ser obtido é da ordem de 300% do capital investido e o mínimo igual a 20% sobre este mesmo capital. Em termos médios, a implantação desta usina proporcionará um retorno de 70% sobre o investimento total previsto.



P(VPL<0)	0,00%	Nº Pontos	2000
Mínimo	0,2	Máximo	3,0
Média	0,7	DP	0,3

FIGURA 9 : Distribuição de Freqüências

6.0 AVALIAÇÃO DA COMPETITIVIDADE DA RECUPERAÇÃO DA UTE

Neste item, será analisada a competitividade da recuperação da usina térmica frente às termelétricas novas (ciclo aberto e combinado). Como demonstrado nos itens anteriores, a operação das térmicas de forma flexível, de forma geral, aumenta a expectativa de se obter maiores benefícios para o projeto em virtude da utilização da disponibilidade hídrica do sistema traduzida por longos períodos de custos marginais de operação baixos que levam, conseqüentemente, a preços de curto prazo da mesma ordem de grandeza. Nestes períodos, a operação flexível permite a economia do combustível, reduzindo os custos operacionais da usina.

Nos períodos em que os preços da energia de curto prazo estão elevados, a usina despachará, beneficiando-se da diferença entre o seu preço de despacho e o preço vigente no mercado "Spot" para a parcela de sua energia não contratada, cujo valor obtido neste estudo foi da ordem de 20%.

Este tipo de operação, como visto anteriormente, ao reduzir a operação da térmica ao longo da sua vida útil, torna competitivas usinas térmicas de baixo rendimento, como é o caso do projeto de recuperação em questão.

A Tabela 3 apresenta os principais resultados obtidos nas simulações realizadas, permitindo uma melhor avaliação dos projetos.

TABELA 3 : Resultados Principais

	UTE		
	Nova		Recup.
	CC	CA	CA
VPL			
- Máximo (pu)	3,0	4,4	20,6
- Mínimo (pu)	0,2	0,4	2,7
- Médio (pu)	0,7	1,2	7,1
Preço de Equilíbrio (pu)	0,89	0,89	0,84
Fator de Contratação (%)	80	80	80
P(VPL<0)	0	0	0

Na tabela 3, os valores de VPL estão expressos em “pu”, tendo como base o investimento a ser realizado em cada projeto respectivamente. O Preço de Equilíbrio é expresso da mesma forma tendo como base o preço de venda de energia de referência.

Observa-se que, em qualquer dos parâmetros analisados, o projeto de recuperação apresenta um melhor índice dentre as alternativas de térmicas formuladas. O Preço de equilíbrio é ligeiramente inferior (6%) e os índices de retorno do capital investido, tendo como indicador o VPL, são significativamente mais elevados tanto em relação aos valores extremos quanto ao valor esperado.

7.0 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

a) A operação em regime de base não se mostra viável para térmicas de baixo rendimento em virtude dos elevados custos de operação associados. Neste contexto, a recuperação da usina em questão não é indicada;

b) A operação flexível das usinas térmicas aumenta os benefícios esperados das mesmas, sendo adequado tanto sob o ponto de vista de economia dos recursos energéticos disponíveis quanto do retorno esperado do investimento em projetos termelétricos;

c) Nestas condições (Operação Flexível), o projeto de recuperação é viável, apresentando índices de retorno de investimento e nível de competitividade superior aos projetos de implantação de usinas novas;

d) Apesar da volatilidade dos preços no mercado de curto prazo, a determinação de um fator de contratação “ótimo”, praticamente elimina o risco de se obter valores de VPL negativos em qualquer das séries simuladas. Ressalte-se que, a solução obtida está baseada em um determinado cenário de expansão da oferta e demanda de energia. A adoção de cenários alternativos permitirá aferir mais precisamente os riscos associados ao negócio.

7.0 BIBLIOGRAFIA

- (1) ANEEL. Resolução 290 : Homologa as Regras do Mercado Atacadista de energia Elétrica, Agosto/2000.
- (2) ASMAE. Regras e Procedimentos de Mercado para Implementação, Agosto/2000.
- (3) GCPS. Plano Decenal de Expansão 2000/2009, Julho/2000.
- (4) LEVINE, DAVID M., BERENSON, MARK L., STEPHAN, D. Estatística: Teoria e Aplicações. Prentice Hall LTC, 2000.