

Sistema Integrado de Planejamento e Comercialização de Energia

Wilson Tadeu Pizzatto¹
Luiz Roberto Morgenstern Ferreira¹
Marcio Luiz Bloot¹
Marcelo Rodrigues Bessa²
Rafael de Souza Favoreto²

¹Copel – Companhia Paranaense de Energia

pizzatto@copel.com
luiz.roberto@copel.com
mlbloot@copel.com

²Lactec – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

bessa@lactec.org.br
favoreto@lactec.org.br

Resumo: No atual contexto do Setor Elétrico Brasileiro, diante da complexidade e dos diversos fatores de risco associados, torna-se imprescindível para uma empresa de geração de energia o uso de ferramentas que auxiliem no processo de tomada de decisão nas áreas de planejamento e comercialização de energia elétrica. Este trabalho vem ao encontro desta necessidade, descrevendo os passos necessários para a obtenção de um Sistema Integrado de Planejamento e Comercialização de Energia, cujo objetivo é a aferição da rentabilidade de um agente de geração operando no mercado de energia, dentro de um sistema interligado predominantemente hidrelétrico, considerando o binômio retorno/risco.

Palavras-Chave: Energia Elétrica, Geração, Comercialização, Planejamento Energético, Gestão.

1 Introdução

A otimização da carteira de ativos de uma empresa de geração de energia do setor elétrico, composto basicamente de ativos físicos como usinas hidroelétricas / termelétricas, e por mecanismos de redução de risco como os contratos bilaterais de fornecimento de energia, deve levar em conta, de maneira integrada, os riscos associados ao setor, tais como a incerteza hidrológica, as manutenções dos sistemas de geração, as taxas de crescimento de consumo e

demanda do mercado de energia e os preços de curto prazo do Mercado Atacadista de Energia.

O presente trabalho descreve os diversos processos e modelos envolvidos no planejamento e comercialização de energia do setor elétrico brasileiro, propondo uma metodologia para a integração destes modelos computacionais utilizados para o apoio a tomada de decisões, com o objetivo de maximizar o retorno de investimentos de empresas do setor elétrico. A ferramenta analítica aqui descrita denomina-se Sistema Integrado de Planejamento e Comercialização de Energia Elétrica.

2 Etapas do Sistema

O sistema é composto das seguintes etapas:

1. Construção de Cenários de Demanda e Oferta de Energia;
2. Determinação da Estratégia Ótima de Operação do Sistema Interligado Nacional - SIN;
3. Simulação a Usinas Individualizadas do SIN;
4. Modelagem dos Ativos no Mercado de Energia;
5. Gerenciamento do Risco x Retorno da Carteira de Ativos.

2.1 Construção de Cenários de Demanda e Oferta de Energia

Nesta etapa são definidas as premissas básicas para a construção de cenários de demanda e oferta de energia do SIN - Sistema Interligado Nacional, dentro de um período de tempo denominado período de estudo, que pode variar de alguns meses a vários anos.

2.2 Determinação da Estratégia Ótima de Operação do Sistema Interligado Nacional – SIN

Nesta etapa, a política operativa ótima do sistema de geração brasileiro é calculada para o cenário de oferta / demanda produzido na etapa 1. Para isso é necessário determinar, para cada etapa do período de planejamento, as metas de geração para cada usina que atendam a demanda e minimizem o valor esperado do custo total de operação ao longo do período. Este custo total é composto pelo custo variável de combustível das usinas termelétricas e pelo custo atribuído às interrupções de fornecimento de energia. O software NEWAVE - Modelo Estratégico de Geração Hidrotérmica a Subsistemas Equivalentes, desenvolvido pelo CEPEL – Centro de Pesquisa de Energia Elétrica, implementa uma metodologia para determinação das estratégias da

operação hidrotérmica a longo prazo, com representação agregada do parque hidroelétrico e cálculo da política ótima de operação do Sistema Interligado Nacional. A metodologia de otimização é conhecida como Programação Dinâmica Estocástica Dual – PDDE.

2.3 Simulação a Usinas Individualizadas do SIN

Nesta etapa, a operação do Sistema Interligado Nacional é simulada pelo Modelo de Simulação a Usinas Individualizadas para Subsistemas Hidrotérmicos Interligados – SUIISHI-O, mostrado na Figura 1, para um conjunto representativo de seqüências de aflúências.

No modelo SUIISHI-O, desenvolvido pelo CEPEL, o Sistema Interligado Nacional é representado por usinas hidrelétricas e termelétricas individualizadas. As usinas hidrelétricas podem ser de dois tipos: a fio d'água, quando seu volume armazenado não varia, ou com reservatório, quando apresenta uma significativa capacidade de regularização. Denominam-se usinas termelétricas todas as demais usinas geradoras (nuclear, carvão, gás, óleo, diesel, biomassa etc) que possam ser representadas por capacidades mínima e máxima e um custo unitário de geração constante, sem nenhuma restrição adicional sobre sua disponibilidade.

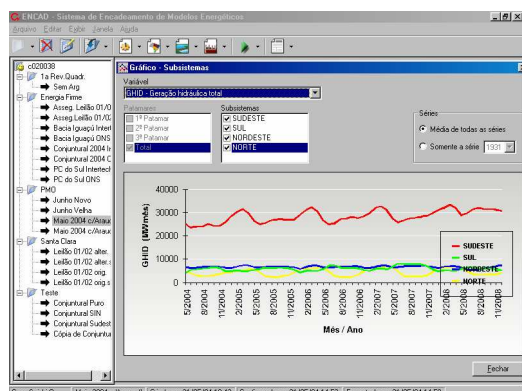


Figura 1: Modelo Computacional SUIISHI-O

2.4 Modelagem dos Ativos no Mercado de Energia

Para que se possa analisar o comportamento econômico e financeiro da carteira de ativos de uma empresa do setor elétrico, deve-se construir e simular um modelo computacional que capture a estrutura e a dinâmica de cada ativo, no ambiente do setor elétrico. Uma técnica utilizada para esse fim denomina-se Dinâmica de Sistemas. Ferramentas computacionais foram desenvolvidas para auxiliar na implementação desta técnica. Entre as ferramentas de software desenvolvidas

para esta finalidade, pode-se destacar o POWERSIM®.

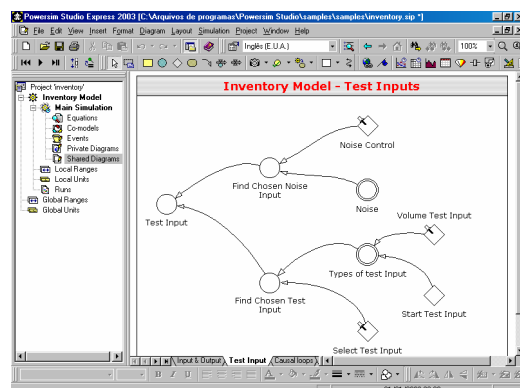


Figura 2: Modelo Computacional POWERSIM

Nesta fase são calculadas as tarifas por uso do sistema de transmissão. Estas tarifas são importantes devido ao peso significativo dos custos de transmissão no Brasil e ao fato de que dependem da localização e capacidade instalada da usina. A metodologia utilizada é a mesma determinada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

Para as usinas hidrelétricas é contabilizado, nesta etapa do processo, o chamado Mecanismo de Realocação de Energia (MRE), um esquema compulsório de redução de risco hidrológico. No MRE, a geração física de cada usina em cada estágio e patamar de demanda é substituída por um "crédito de energia", que é proporcional à geração hidrelétrica total do sistema neste mesmo mês e patamar. No processo de contabilização do CCEE, o chamado "Certificado de Energia Assegurada" da usina reflete a contribuição de longo prazo de cada hidrelétrica para a produção do conjunto de usinas.

2.5 Gerenciamento do Risco x Retorno da Carteira de Ativos

O gerenciamento de uma carteira de energia composta de ativos físicos como usinas hidrelétricas e térmicas e de mecanismos de redução de risco como contratos bilaterais de fornecimento de energia, contratos de compra de combustíveis etc, cujo objetivo é a maximização da rentabilidade do agente, deve incluir não só uma avaliação de retorno mas também uma avaliação detalhada do risco do negócio.

A teoria de carteiras, introduzida por MARKOWITZ em 1959 [Mark59], supre esta necessidade. Muito embora ela tenha sido proposta originalmente para a análise de risco de carteiras de ações e títulos financeiros, é possível adaptá-la para a aplicação em carteiras de ativos de energia.

Markowitz propõe que o retorno esperado de uma carteira de ativos $E(r)_{cart}$ é a média ponderada dos retornos esperados dos ativos que a compõem.

$$E(r)_{cart} = \sum_{i=1}^n x_i E(r_i)$$

A soma das participações dos ativos na carteira deve ser igual a um, ou seja:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1$$

Ainda segundo Markowitz, a variância do retorno de uma carteira de ativos σ^2_{cart} depende da variância do retorno de cada ativo e da covariância dos retornos dos ativos da carteira.

$$\sigma^2_{cart} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j Cov_{ij}$$

A teoria de carteiras desenvolvida por Markowitz é basicamente um problema de programação quadrática. O objetivo da teoria é minimizar o risco da carteira sujeito a duas restrições lineares. A solução deste problema é um vetor de participação x que minimiza o risco da carteira $f(x)$ para um nível de retorno desejado E^* . Colocando em formato de otimização, obtemos:

$$\text{Min } f(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j Cov_{ij}$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^j x_i E(r_i) = E^*$$

$$\sum_{i=1}^j x_i = 1$$

Logo, representando de modo gráfico, temos que a área sombreada da Figura 3, denominada conjunto viável, representa as combinações possíveis para uma carteira composta por múltiplos ativos. Todas as combinações possíveis estão contidas nesta região limitada, de forma que nenhum ativo individual ou combinação de ativos situa-se fora da área sombreada.

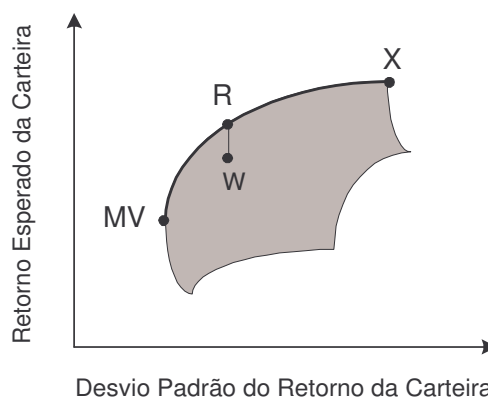


Figura 3: MARKOWITZ - Risco x Retorno

Embora as combinações de ativos determinem uma superfície bidimensional, o conjunto eficiente, ou seja, as carteiras mais atrativas, estão situadas no limite superior da área entre MV e X. Qualquer ponto abaixo deste conjunto apresenta retorno esperado inferior e mesmo desvio padrão em relação a um ponto do conjunto eficiente.

Partindo do modelo idealizado por MARKOWITZ, podemos calcular várias medidas de risco e otimizar a carteira de ativos físicos e financeiros do agente para determinar a fronteira eficiente de Risco x Retorno, por exemplo, determinando qual é a melhor combinação (melhor "mix") de contratos bilaterais (CCAR), de curto prazo, mercado spot e investimento.

3 Conclusão

Os resultados gerados por este Sistema Computacional Integrado fornecem subsídios ao processo de tomada de decisão, como a construção de novos empreendimentos de geração de energia, operação otimizada dos atuais e a comercialização da energia disponível, de uma empresa de geração do Setor Elétrico Brasileiro.

Entre os resultados obtidos por esta ferramenta de análise e gerenciamento de risco, podem-se destacar :

- Taxa Interna de Retorno (TIR) da carteira de ativos para cada um dos cenários hidrológicos;
- Matriz do Fluxo de Caixa da carteira de ativos, para cada um dos cenários hidrológicos ao longo do horizonte de simulação;

- Matriz do *Economic Value Added* (EVA) da carteira de ativos, para cada um dos cenários hidrológicos ao longo do horizonte de simulação;
- Valor Presente Líquido (VPL) da carteira de ativos, para cada um dos cenários hidrológicos;
- Matriz do *Market Value Added* (MVA) da carteira de ativos, para cada um dos cenários hidrológicos, ao longo do horizonte de simulação;
- Otimização da Carteira de Ativos, por meio da listagem em ordem decrescente de eficiência para um número pré-determinado de carteiras eficientes;
- *Value at Risk* (VaR) de um número pré-determinado de carteiras localizadas na fronteira eficiente;

[Mark59] H.M. Markowitz, *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment*, John Wiley & Sons, 1959.

[Melo97] Melo, A. C. G.; Reis, M. S.; Gorenstin, B. G. *Avaliação Econômico-Financeira de Projetos de Expansão do Setor Elétrico – Um Enfoque Empresarial*, XIV *SNPTEE*, PA, 1997.

[Moro97] Morozowski, M. F.; Silva, E. L. *Planejamento de Sistemas Elétricos em Ambiente Competitivo : Enfoque Empresarial*. UFSC - Labplan, 1997.

[Secu02] Secundino Soares Filho. *Planejamento e Operação de Sistemas de Energia Elétrica. Curso de Pós- Graduação em Planejamento, Operação e Comercialização na Indústria de Energia Elétrica* - CPOC, 2002.

[Silv01] Silva, E. L. *Formação de Preços em Mercados de Energia Elétrica*, 2001

4 Referências

- [Bess02] Marcelo Rodrigues Bessa - *Avaliação Econômica de Projetos. Curso de Pós-Graduação em Planejamento, Operação e Comercialização na Indústria de Energia Elétrica* - CPOC, 2002.
- [Born93] Born, P.; Bitu, R. *Tarifas de Energia Elétrica - Aspectos Conceituais e Metodológicos*. 1993.
- [Cepe02] CEPEL. *Projeto Newave - Modelo Estratégico de Geração Hidrotérmica a Subsistemas Equivalentes*. Manual do Usuário, Abril de 2002.
- [Cepe04] CEPEL. *Projeto SUIHI-O - Modelo de Simulação a Usinas Individualizadas para Subsistemas Hidrotérmicos Interligados*. Manual do Usuário, Abril de 2004.
- [Fort90] Fortunato, L. A. M. *Introdução ao Planejamento da Expansão e Operação de Sistemas de Produção de Energia Elétrica*. Eletrobrás, 1990.
- [Gran03] Granville, S.; Kelman, R.; Barroso, L.A.; Chabar R.; Pereira M.; Lino P.; Xavier P.; Capanema I. *Um Sistema Integrado para Gerenciamento de Riscos em Mercados de Energia Elétrica. XVII SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica*, Uberlândia, Outubro de 2003.