LEILÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

Agenor Gomes Pinto Garcia

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Aprovada por:

Prof. Alexandre Salem Szklo, D.Sc.

Prof. Roberto Schaeffer, D. Sc.

Prof. Howard Steven Geller, D.Sc.

Prof. Mauricio Tiomno Tolmasquim, D. Sc.

Prof. Reinaldo Castro de Souza, D. Sc.

Dr. Jeferson Borghetti Soares, D. Sc.

Dr. Márcio Macedo Costa, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

JANEIRO DE 2008

GARCIA, AGENOR GOMES PINTO

Leilão de Eficiência Energética no Brasil [Rio de Janeiro] 2008

XVII, 186 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Planejamento Energético, 2008)

Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Eficiência energética
2. Leilões
3. Medição e verificação

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Não adianta colocar comida em casa às carradas, se se jogam fora as migalhas[1].

Antigo ditado mineiro, dito por meu avô Agenor e
repetido disciplinarmente por minha mãe.

[1] Na verdade, o dito original tinha um viés machista, característico da ordem social vigente: "Não adianta o homem colocar comida em casa às carradas, se a mulher joga fora as migalhas". Para completar a analogia com a energia, poder-se-ia acrescentar: nem a roça é tão grande para produzir tanto, nem a casa para caber todo o lixo...

À minha avó Sazita,
Que, cedo, viúva, meteu-se em um trem na distante Antônio Prado
para dar saber aos filhos pequenos – o passado.

À querida companheira Tonha,
Que, criança, não entendia a desigualdade
E desde então busca conhecer para combater – o presente.

Ao meu neto Henrique,
Que, orgulhoso, acaba de aprender a ler
E começa a busca infinda de todo humano – o futuro.

Agradecimentos

Ao professor Alexandre Szklo, pela orientação geral desde o Mestrado, combinando com perícia a visão de conjunto e o rigor no detalhe.

Ao professor Roberto Schaeffer, cuja competência científica e experiência acadêmica complementaram a orientação recebida.

Ao professor Howard Geller, pela amizade iniciada, marcada pela crença no leilão de eficiência energética no Brasil. A Mr Willian Gruen pelos documentos disponibilizados.

Ao professor Mauricio Tolmasquim, pelo apoio recebido desde a seleção ao mestrado do PPE.

Aos demais membros da banca, a atenção e desvelo.

Ao meu sócio e amigo Andreas Hahn, pelos comentários sobre M&V.

Ao prof. Leonardo Resende, pelo auxílio com a teoria dos leilões, lamentando sua não participação na banca.

À minha companheira Tonha, pela vida compartilhada em mais esta etapa de nossas atribuladas e gratificantes existências.

Aos meus "velhos" pitutos, Gabi, Marcinho e Caiê, e as "novas" Carol e Paulinha e o queridíssimo Henrique, pelo apoio e compreensão da privação do convívio do pai, sogro e avô.

A meus irmãos Aú e Kiko, o apoio "como os dedos da mão".

À Marlene e Inha, eternas incentivadoras.

A todo o pessoal do PPE, CENERGIA e EPE, pelo convívio e apoio.

Ao CNPq, pelo apoio recebido nos primeiros anos de doutorado.

E aos que, em outra dimensão, fizeram tudo dar certo em minha vida, menos a saudade: mãe, pai, Dadá, Tidi, Tidu e Julieta.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.) em Planejamento Energético

LEILÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

Agenor Gomes Pinto Garcia

Janeiro/2008

Orientadores: Alexandre Salem Szklo
Roberto Schaeffer

Programa: Planejamento Energético

Expandir o sistema elétrico através da redução do consumo pela venda de eficiência energética é uma idéia aventada desde a concepção do modelo do Setor Elétrico vigente. O tema tem voltado à baila, em particular o uso de leilões para tal, à semelhança do que é praticado na expansão do sistema com energia nova. Esta tese pretende discutir as questões relativas à implantação do leilão de eficiência energética no Brasil e sugerir um modelo para sua efetivação. O primeiro capítulo apresenta o histórico e a configuração do modelo do Setor Elétrico atual, com destaque para o planejamento energético, retomado após o racionamento de 2001, e a estrutura para sua expansão; analisa também o resultado dos leilões até agora. O segundo capítulo considera a validade da venda de eficiência energética para expansão do sistema e a teoria dos leilões, hoje largamente desenvolvida, e sua aplicação ao caso em questão, estudando o possível comportamento dos diversos agentes e sua implicação no formato do leilão – ESCOs, grandes consumidores e fabricantes de equipamentos. O terceiro capítulo analisa as experiências de venda de eficiência energética já havidas no mundo – o DSB (*demand-side bidding*) nos EUA, com análise dos resultados práticos obtidos e um estudo da Agência Internacional de Energia sobre este mecanismo de mercado para realizar o potencial de eficiência energética. "O DSB funciona, mas não é simples" (GELLER, 2006) parece resumir as conclusões sobre o DSB – seu principal mérito está em desenvolver as técnicas de M&V e a indústria de ESCOs, colocando a eficiência energética como alternativa real de expansão. O quarto capítulo apresenta uma proposta para implantação do leilão, discutindo a sua oportunidade, fonte de recursos, aspectos regionais e apresentando um modelo de como poderia funcionar – operacionalização, arranjo institucional e passos a percorrer. O quinto capítulo discute e apresenta exemplos de M&V – ferramenta essencial para o sucesso do leilão, cujo desenvolvimento proporcionado por este, em contrapartida, pode alavancar o mercado de eficiência energética no país. Finalmente, conclui-se que o leilão pode trazer contribuições importantes para a eficiência e o planejamento energético, embora não possa ser o único nem é o mais barato mecanismo de promoção de eficiência energética.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.) in Energy Planning

DEMAND-SIDE BIDDING IN BRAZIL

Agenor Gomes Pinto Garcia

January/2008

Advisors: Alexandre Salem Szko
Roberto Schaeffer

Department: Energy Planning

Since the New Electric Sector Model's conception an energy-efficiency auction, like the ones used to buy new energy, was considered. Recently, the subject has been frequently commented in studies and meetings. This thesis discuss the main issues about its implementation in Brazil and proposes a model for this. The first chapter shows the history and the Electric Sector actual frame, with emphasis in the energy planning, resumed after the 2001 electricity shortage, the structure created for the system expansion and analyses the results of the new energy's auctions until now. The second chapter studies how the energy-efficiency auction can affect agents and consumers and presents the auction theory, which is growing fast in recent years, and how it can be applied to the present case, showing the possible agents' behavior – ESCOs, larger consumers and appliance manufacturers, and its implication on the auction shape. The third chapter shows the past world experience in energy-efficiency selling – the USA DSB (demand-side bidding) and its actual results and an IEA (International Energy Agency) study about this market mechanism of energy-efficiency promotion. "The DSB works but it's not simple" (GELLER, 2006) sums up the main conclusion about DSB – it develops the M&V techniques and the ESCO industry, making energy-efficiency as good as new generation for system's growing. The fourth chapter presents a proposal for the energy-efficiency auction's implementation in Brazil – its opportunity, resources source, regional aspects and the steps to get there. The fifth chapter analyses the M&V's techniques and shows examples of the four options for projects – the M&V is essential for the auction success and its development, on the other hand, can leverage the energy-efficiency market in Brazil. Finally, the last chapter concludes that the energy-efficiency auction can make a great contribution for energy efficiency and energy planning, but it can't be the only mechanism used and it's not the cheapest way to realize energy-efficiency potential.

SUMÁRIO

Introdução **1**
1 O Novo Modelo do Setor Elétrico e a Eficiência Energética **4**
1.1 Histórico 4
1.2 A Reforma da Década de 1990 7
1.2.1 Situação do Setor antes da Reforma 7
1.2.2 O Modelo de Livre Mercado 8
1.2.3 Problemas do Modelo 11
1.3 O Racionamento de 2001 12
1.3.1 Causas 12
1.3.2 O Racionamento 14
1.4 O Novo Modelo do Setor Elétrico 16
1.4.1 Segurança de Suprimento 18
1.4.2 Modicidade tarifária 18
1.4.3 Ambientes de contratação 19
1.4.4 Arranjo institucional 21
1.4.5 A Expansão da Oferta 23
2 Leilões de eficiência energética **29**
2.1 Leilões e GLD 29
2.1.1 O Teste do Participante 31
2.1.2 O Teste do Não-Participante 32
2.1.3 Teste do Custo Total do Recurso (CTR) 35
2.1.4 Teste do Custo para a Companhia de Eletricidade 36
2.2 Teoria dos Leilões 36
2.2.1 Tipos de leilão 37
2.2.2 Outros aspectos do leilão 43
2.2.3 Vulnerabilidade dos tipos básicos de leilão 45
2.2.4 Tipos especiais de leilão 46
2.3 Leilões de Eficiência Energética no Brasil 47
2.3.1 Alternativas do Leilão de Eficiência no Brasil 47
2.3.2 Prováveis participantes e características do leilão 49
3 Venda de Eficiência Energética no Mundo **56**
3.1 DSB nos EUA 56

3.1.1 Origem e desenvolvimento 56
3.1.2 Medidas, mercados e proponentes 58
3.1.3 Sistemática do programa 60
3.1.4 Custos dos projetos 62
3.1.5 Tipo de leilão e concorrência 66
3.1.6 Alocação de riscos 67
3.1.7 M&V 67
3.1.8 Questões sobre o DSB 67
3.1.9 Conclusões 70
3.2 O Estudo da Agência Internacional de Energia 71
3.2.1 Mecanismos, programas e barreiras 73
3.2.2 Descrição do mecanismo 74
3.2.3 Interferência com outros mecanismos 76
3.2.4 Barreiras 76
3.2.5 Efeitos na Reestruturação da Indústria de Eletricidade 79
3.2.6 Resultados Potenciais 80
3.2.7 Experiência Anterior com o Mecanismo 80
3.2.8 Agentes Promotores 81
3.2.9 Condições Importantes para a Efetiva Implantação 81
3.2.10 Financiamento 82
3.2.11 Impactos nas Companhias de Eletricidade 82
3.2.12 Arcabouço Político-Institucional 83
3.2.13 Problemas Identificados com o Mecanismo 84
3.2.14 Impactos do Mecanismo 84
3.2.15 Avaliação do Mecanismo 85
4 Proposta de Leilão de eficiência energética para o Brasil 87
4.1 Oportunidade do leilão 88
4.1.1 A expansão do sistema elétrico e o planejamento energético 88
4.1.2 A questão ambiental 89
4.1.3 A efetividade das ações de eficiência energética 89
4.1.4 Custo dos programas e medidas de eficiência energética 90
4.1.5 Alternativa ao leilão – Certificados Brancos 92
4.2 Recursos a utilizar 94
4.3 Regionalização 95

4.4 Operacionalização 96
4.4.1 Planejamento da eficiência energética 97
4.4.2 Viabilização das medidas de eficiência energética 123
4.4.3 Seleção das propostas 124
4.4.4 Contratos, financiamento e fonte de recursos 126
4.4.5 Medição e Verificação 126
4.4.6 Avaliação e aprimoramento do mecanismo 129
4.5 Arranjo institucional 130
4.6 Passos a percorrer 132
4.6.1 Estabelecimento do modelo 132
4.6.2 Interação com os agentes e aperfeiçoamento 132
4.6.3 Aspectos legais e institucionais 132
4.6.4 Tramitação final 132
4.6.5 Programa piloto 132
4.6.6 Divulgação e capacitação 133
4.6.7 Operacionalização 133
4.6.8 Cronograma indicativo 133
5 Medição & Verificação 134
5.1 Opções de M&V 134
5.2 Opção A: troca de motores com carga constante 137
5.2.1 Descrição da reforma, seu propósito e impacto sobre os usuários 137
5.2.2 Fronteira de medição e efeitos interativos com o exterior da fronteira 137
5.2.3 Opção de Medição e Verificação 138
5.2.4 Variáveis independentes e fatores estáticos 139
5.2.5 Plano de monitoração dos fatores estáticos 139
5.2.6 Linha de base 139
5.2.7 Análise econômica e oferta ao leilão 142
5.2.8 Período pós-reforma 144
5.3 Opção B: eficientização de sistema de bombeamento 147
5.3.1 Descrição da reforma, seu propósito e impacto sobre os usuários 148
5.3.2 Fronteira de medição e efeitos interativos com o exterior da fronteira 149
5.3.3 Opção de Medição e Verificação 150
5.3.4 Variáveis independentes e fatores estáticos 150
5.3.5 Plano de monitoração dos fatores estáticos 150

5.3.6 Linha de base 150
5.3.7 Análise econômica e oferta ao leilão 151
5.3.8 Período pós-reforma 154
5.4 Opção C: eficientização de sistema de condicionamento ambiental 155
5.4.1 Descrição da reforma, seu propósito e impacto sobre os usuários 156
5.4.2 Fronteira de medição e efeitos interativos com o exterior da fronteira 156
5.4.3 Opção de Medição e Verificação 159
5.4.4 Variáveis independentes e fatores estáticos 160
5.4.5 Plano de monitoração dos fatores estáticos 160
5.4.6 Linha de base 160
5.4.7 Análise econômica e oferta ao leilão 161
5.4.8 Período pós-reforma 163
5.5 Opção D: novo sistema de bombeamento 163
5.5.1 Descrição da reforma, seu propósito e impacto sobre os usuários 164
5.5.2 Fronteira de medição e efeitos interativos com o exterior da fronteira 165
5.5.3 Opção de Medição e Verificação 165
5.5.4 Variáveis independentes e fatores estáticos 165
5.5.5 Plano de monitoração dos fatores estáticos 165
5.5.6 Linha de base 166
5.5.7 Análise econômica e oferta ao leilão 166
5.5.8 Período pós-reforma 170
6 Conclusões e recomendações 171
6.1 Conclusões 171
6.2 Recomendações para novos estudos 174
Referências 175

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura tradicional do Sistema Elétrico Brasileiro 5
Figura 2 – Modelo institucional 10
Figura 3 – Histórico das afluências da região Sudeste 12
Figura 4 – Potência instalada e geração 13
Figura 5 – Dados do subsistema Sudeste/Centro-Oeste 13
Figura 6 – Consumo de energia elétrica no Brasil 1970 – 2005 15
Figura 7 – Consumo setorial no Brasil 1970-2005 16
Figura 8 – Ambientes de contratação 19
Figura 9 – Participação do Mercado Livre de eletricidade 20
Figura 10 – Energia elétrica no SIN e Mercado Livre 20
Figura 11 – Agentes Institucionais do Setor Elétrico 21
Figura 12 - Alternativas para atendimento da demanda 22
Figura 13 - PNE 2030 – Projeção do consumo final de eletricidade 23
Figura 14 – Processo de Planejamento do Setor Elétrico 24
Figura 15 – Esquema do MIPE 25
Figura 16 – Expansão do sistema elétrico 26
Figura 17 – Leilões de compra no ACR 26
Figura 18 – Relações contratuais de geração de eletricidade 27
Figura 19 – Energia vendida nos leilões de expansão 28
Figura 20 – Preço da energia gerada nos leilões de expansão 28
Figura 21 – Teste RIM 32
Figura 22 – Teste RIM (análise alternativa) 33
Figura 23 – Variação do custo máximo de eficiência com a expansão requerida 35
Figura 24 – Leilão inglês 39
Figura 25 – Leilão alemão 39
Figura 26 – Leilão selado de 1º preço 40
Figura 27 – Leilão selado de 2º preço 41
Figura 28 – Alternativa 1: todos os projetos aceitos 48
Figura 29 – Alternativa 2: leilão específico de eficiência energética 48
Figura 30 – Estrutura do PROESCO 52
Figura 31 - Distribuição dos projetos de DSB nos EUA 57
Figura 32 – Unidade de ar condicionado instalada em telhado 58
Figura 33 – *Low-e ceiling* 59
Figura 34 – Projetos mecânicos – demanda reduzida na ponta do verão 60
Figura 35 – Fases do Projeto do Bid 2001 62
Figura 36 – Papel das entidades no leilão 97

Figura 37 - Potenciais de Conservação de Energia 98
Figura 38 – Ponto de operação da bomba..... 106
Figura 39 – Ajuste da vazão por válvula de controle 106
Figura 40 – Ajuste da vazão por AVA 107
Figura 41 – Fluxo de energia e "eficientização" 108
Figura 42 – Efeito de sistema em ventiladores de teto 110
Figura 43 - 7 Passos para a Eficiência Energética..... 118
Figura 44 – Estimativa de economia de energia..... 128
Figura 45 – Força-tarefa para o leilão 131
Figura 46 – Opção de M&V a adotar 135
Figura 47 – Fronteira de M&V – opção A 138
Figura 48 – Medição em motor de bomba..... 140
Figura 49 – Curvas da bomba..... 141
Figura 50 – Curva de rendimento do motor 141
Figura 51 – Variação da atratividade do investimento com a oferta – opção A..... 144
Figura 52 - Medição após a reforma..... 146
Figura 53 – Curvas da bomba com novo rotor 148
Figura 54 - Fronteira de M&V – opção B 149
Figura 55 - Variação da atratividade do investimento com a oferta – opção B 154
Figura 56 – Unifilar do aeroporto..... 157
Figura 57 – Correlação entre consumo do aeroporto e do TPS..... 158
Figura 58 – Consumo estimado do TPS x temperatura ambiente 158
Figura 59 – Variação da atratividade do investimento com a oferta – opção C..... 162
Figura 60 – Escolha da opção D no exemplo considerado..... 164
Figura 61 - Fronteira de M&V – opção D 165
Figura 62 – Curva da bomba mais eficiente..... 167
Figura 63 - Variação da atratividade do investimento com a oferta – opção D 169

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre os Modelos do Setor Elétrico 17
Tabela 2 – Comparação entre riscos em projetos pela oferta e demanda..... 29
Tabela 3 - Comparação dos programas quanto a riscos assumidos..... 30
Tabela 4 – Comparação ampliação x eficiência energética..... 34
Tabela 5 – Vulnerabilidade dos tipos básicos de leilão..... 45
Tabela 6 – ESCOs por país e faturamento (2001)..... 50
Tabela 7 – Resultados dos PEEs 50
Tabela 8 – Perfil das ESCOs brasileiras..... 51
Tabela 9 – Características e vulnerabilidades dos oferentes 55
Tabela 10 – Fatores de correção considerados pela Xcel – *Bid 2001* 64
Tabela 11 – Características do Mecanismo 72
Tabela 12 – Avaliação do Mecanismo 85
Tabela 13 – Programação do *workshop* EPE de 7 dez.2006 87
Tabela 14 – Resultados do PEE por ciclo 90
Tabela 15 – Resultados do PEE (ciclos 2000/01 a 2004/05)..... 91
Tabela 16 – Resultados do PEE (ciclos 2005/06 e 2006/07 parcial)..... 91
Tabela 17 – Resultados do PROCEL em 2006 92
Tabela 18 – Metas de Certificados Brancos na Europa..... 93
Tabela 19 – Desenho de um esquema de Certificados Brancos..... 93
Tabela 20 – Potencial em força motriz na indústria 100
Tabela 21 – Boas condições para aplicação de AVAs 104
Tabela 22 – Medidas de eficiência energética em sistemas de bombeamento (XEnergy) 108
Tabela 23 – Medidas de eficiência energética em sistemas de bombeamento (Procel) 109
Tabela 24 - Medidas de eficiência energética em sistemas de ventilação..... 110
Tabela 25 – Medidas de eficiência energética em sistemas de ar comprimido (XEnergy) 111
Tabela 26 - Medidas de eficiência energética em sistemas de ar comprimido (Procel)112
Tabela 27 - Economias em sistemas de compressão 113
Tabela 28 - Economia e custos de gestão energética 118
Tabela 29 – Perfil operacional da amostra (motores padrão)..... 120
Tabela 30 – Perfil operacional com motores de alto rendimento 120
Tabela 31 – Perfil com as economias obtidas..... 120
Tabela 32 – Custo da energia evitada..... 120
Tabela 33 – Estrutura da força-tarefa para o leilão de eficiência energética..... 130
Tabela 34 – Cronograma de implantação 133

Tabela 35 – Dados nominais e operacionais do motor 140
Tabela 36 – Formação do investimento (sem o leilão) – opção A 142
Tabela 37 – Análise econômica sem oferta ao leilão 142
Tabela 38 - Formação do investimento (com o leilão) – opção A 143
Tabela 39 – Análise econômica com oferta máxima ao leilão – opção A..... 143
Tabela 40 – Variáveis Opção A..... 145
Tabela 41 – Situação pós-reforma estimada e medida 146
Tabela 42 – Economia segundo o IPMVP 147
Tabela 43 – Relação entre a vazão e a potência do motor..... 150
Tabela 44 – Perfil esperado de vazão 151
Tabela 45 – Vazões e potências para as condições pós-reforma – opção B..... 152
Tabela 46 – Estimativa da energia reduzida – opção B..... 152
Tabela 47– Formação do investimento (sem o leilão) – opção B 152
Tabela 48 – Análise econômica da opção B (sem o leilão)..... 153
Tabela 49 – Custos estimados com a oferta ao leilão – opção B..... 153
Tabela 50 – Variáveis opção B..... 154
Tabela 51 – Cálculo da economia – opção C 159
Tabela 52 – Dados para estabelecimento da linha de base..... 160
Tabela 53 – Investimento – opção C 161
Tabela 54 – Análise do investimento (sem leilão) - opção C..... 161
Tabela 55 – Investimento (com o leilão) – opção C..... 162
Tabela 56 - Vazões e potências para as condições pós-reforma – opção D 167
Tabela 57 – Investimento em equipamentos – opção D..... 168
Tabela 58 – Composição do investimento – opção D 168
Tabela 59 – Estimativa da energia reduzida – opção D 168
Tabela 60 – Análise econômica do investimento (sem leilão) – opção D..... 169
Tabela 61 – Variáveis opção D..... 170

SIGLAS UTILIZADAS

ABESCO
Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia 49, 51, 69, 183
ACL
Ambiente de Contratação Livre 19
ACR
Ambiente de Contratação Regulada 19, 26
Aneel
Agência Nacional de Energia Elétrica 11, 21, 76, 178
AVA
Acionador de velocidade ajustável 104, 106, 107, 124, 148, 164, 165, 167, 168, 170
CBs
Certificados Brancos 56
CCEE
Câmara de Comercialização de Energia Elétrica 18, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 81, 126, 130, 173, 177
CCM
Centro de Controle de Motores 138
CLASP
Collaborative Labeling and Appliance Standards Program 102, 119, 177
CTR
Teste do custo total do recurso 35
DNAEE
Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica 6
DSB
Demand-side bidding 1, 2, 49, 56, 57, 58, 63, 65, 67, 68, 69, 70, 71
ELETROBRÁS
Centrais Elétricas Brasileiras 109, 177, 178, 179, 184
EPE
Empresa de Pesquisa Energéticav, 1, 2, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 45, 47, 49, 53, 100, 178, 179, 180, 185
ESCO
Empresa de Serviços de Conservação de Energia 1, 50, 51, 52, 56, 65, 67, 68, 70, 180, 186
GLD
Gerenciamento pelo Lado da Demanda 1, 56, 57, 58, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 70
IEA
International Energy Agency 56, 71, 72, 73, 181
IPMVP
International Performance Measurement and Verification Protocol 124, 181
M&V
Medição e Verificação 65, 67, 70, 71, 121
MDL
Mecanismo de Desenvolvimento Limpo 89
MME
Ministério das Minas e Energia 1, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 99, 122, 178, 179, 182, 183
MT&R
Monitoring, Targeting and Reporting 117, 118, 119
P&D
Pesquisa e Desenvolvimento 79, 181
PCE
Planejamento Corporativo de Energia 63, 116, 117
PCH
Pequena Central Hidrelétrica 1, 2
PDE
Plano Decenal de Expansão de Energia 25

PEE
Plano de Eficiência Energética 30, 35, 50, 72, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84
PGE
Programa de Gestão Energética 116
PIR
Planejamento Integrado de Recursos 56, 74
PNE
Plano Nacional de Energia de Longo Prazo 22, 23, 24, 97, 99, 179
PUC
Public Utility Comission 184
RCB
Relação custo-benefício 91, 142, 143
RFP
Request for Proposals 57, 186
RIM
Teste do não-participante 32, 33, 35
SBC
Summit Blue Consulting 57, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 67, 68, 70, 71
TD
Taxa de desconto 142, 153, 161, 169

INTRODUÇÃO

O novo modelo do Setor Elétrico brasileiro, concebido inicialmente pelo Instituto de Cidadania (2002, p. 18), que serviu de base ao promulgado recentemente, previa a implantação de "uma política de uso racional e eficiente de energia, reestruturando-se o Programa de Conservação de Energia Elétrica – Procel, da Eletrobrás, disponibilizando mais energia para consumo graças ao uso mais eficiente". Esta abordagem genérica recebeu críticas que apontavam para a necessidade de definição explícita de mecanismos de eficiência energética (SCHAEFFER in Brasil Energia, jul.2004, p. 22). Entre as propostas que apareceram para uma maior concretização da melhoria de eficiência, durante o processo de discussão do modelo, estava a de que "blocos de energia conservada" pudessem ser negociados, à semelhança das energias alternativas - eólica, solar, biomassa e PCH (SCHAEFFER, 2004, p. 22), que têm uma parcela garantida de geração contratada (MME, 2003, item 13.1, p. 57) através de um processo de leilão.

Szklo e Geller (2006, p. 193-194), elencaram 4 políticas principais para aumentar a conservação de energia no Brasil: criar uma nova agência de eficiência energética, incorporar práticas de ofertas de energia pelo lado da demanda à expansão do setor e medidas de eficiência energética como opção de planejamento, incrementar a aplicação da Lei de Eficiência Energética e adotar códigos de energia para os novos prédios comerciais. A oferta de energia pela demanda envolveria uma requisição de projetos (local de aplicação, medida, custo, redução estimada, vida útil e incentivo requerido), sua qualificação, implementação e posterior verificação. Outras propostas têm aparecido (WWF-Brasil, 2006; Geller, 2006) sugerindo a implantação do leilão de eficiência energética.

Experiências internacionais já existem de venda de energia e demanda pelo consumidor, o chamado DSB – *demand side bidding*. O DSB existe nos EUA desde 1987, onde "35 companhias de eletricidade assinaram contratos de longo prazo com ESCOs[2] e consumidores para explorar potenciais de redução de demanda e energia por preços determinados" (GOLDMAN e KITO, 1995, p. 13). Segundo estes autores, os contratos são pagos segundo a *performance* verificada (*ibidem*, p. 14) e surgiram como forma de ampliar a execução de programas de GLD (gerenciamento pelo lado da demanda).

A idéia acabou não saindo na edição inicial do modelo, que veio à luz em 2004 (BRASIL, 2004), em vista das dificuldades que continha e das prioridades estabelecidas em função da conjuntura de então, com folga de oferta de energia no sistema elétrico. Agora ela volta à tona, com as dificuldades de expansão no longo prazo[3], trazida por proposta de Geller

---

[2] Nos EUA, *Energy Service Companies*, que prestam tipicamente serviços de eficiência energética, como será discutido em várias partes ao longo desta tese. No Brasil, adotou-se o a mesma sigla, ESCO, significando Empresa de Serviçosss de Conservação de Energia.

[3] O Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2006) aponta para uma expansão da geração elétrica ainda marcada por aproveitamentos hídricos, onde "empreendimentos hoje considerados de grande complexidade socioambi-

(2006), que motivou a discussão do tema em um *workshop* promovido pela EPE em dezembro de 2006 (EPE, 2006e).

Segundo ele, "o DSB funciona, mas não é simples", ou seja, vários pontos precisam ser bem definidos para que apresente bons resultados. Como o modelo do setor elétrico brasileiro seleciona os projetos de nova geração com maior atratividade através de leilões, inclusive de energias alternativas (PCH, eólica e biomassa), por que não incluir a eficiência energética, como uma fonte virtual?

Visto desta forma, o leilão teria o papel de explorar uma parte do potencial de eficiência energética diretamente, eliminando barreiras ao mercado de ESCOs ou até mesmo explorando outras oportunidades, como discutido neste trabalho. Outra opção seria utilizá-lo como forma de selecionar medidas que buscassem atender a uma meta obrigatória de redução de consumo estabelecida para distribuidoras de energia elétrica ou até mesmo indústrias. Esta obrigatoriedade garantiria a redução da meta fixada, enquanto o leilão buscaria o melhor preço para a sociedade – um mercado de eficiência energética pode se desenvolver a partir da compra e venda destas reduções de energia, em um mecanismo hoje conhecido como Certificados Brancos. Ambas as formas, entretanto, exigem uma concepção correta do leilão, ações prévias que garantam sua adequação e uma estrutura institucional que lhe dê suporte e estabeleça um sistema adequado de medição e verificação de forma que, para todos os agentes, haja confiança na energia realmente retirada do sistema. Esta tese pretende discutir as principais questões acerca do leilão e definir um possível modelo de implantação deste mecanismo.

Vender "energia não gasta" não é tão simples como vender energia gerada, exige a quebra de diversas barreiras. Este problema se aproxima do enfrentado pelas ESCOs, cujo negócio baseia-se na renda "não gasta" que a eficiência energética proporciona. O instrumento de mercado característico das ESCOs é o contrato de *performance*, cujo resultado depende essencialmente da apuração da economia obtida. O estabelecimento deste tipo de contrato não é simples e os riscos são grandes e de variados tipos (STONER JR. e POOLE, 2003, *apud* GARCIA, 2003, p. 121-122).

O Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico brasileiro enfatiza o planejamento de longo prazo e o uso de leilões para seleção dos projetos de menor custo para expansão do sistema. Estabelecer leilões de "energia virtual", a um custo menor que a energia real, além da vantagem econômica, tem também vantagem ambiental, pelo impacto evitado, e social, pois a indústria de eficiência energética gera serviços. Estabelecer um modelo adequado, que incentive os potenciais agentes à participação, e onde haja confiabilidade na energia economizada através de ações de medição e verificação que sejam por todos aceitas (como o é a energia

---

ental ou com baixíssimo nível de conhecimento ou investigação" somam 31,5% do potencial de energia aproveitável (234 GW), 7,7% apresentam interferência em terras indígenas ou unidades de conservação e mais 10% estão próximas a estas áreas ou são não-prioritárias.

gerada por novas usinas) pode ser um excelente instrumento (mas não o único) de incrementar a eficiência no uso da energia no Brasil. Várias medidas podem se constituir em "usinas virtuais", retirando energia do sistema: entre elas, "pacotes" de energia conservada poderiam ser formados pela agregação de medidas implementadas em várias fábricas, por exemplo, pelo uso de força motriz. Fabricantes de equipamentos poderiam lançar no mercado produtos com tecnologia que incorporasse maior eficiência energética, cujo investimento necessário seria pago com a energia economizada vendida através do leilão. Grandes consumidores de energia elétrica poderiam vender a energia economizada em melhorias em seus processos. Esta tese pretende apresentar um modelo para o Brasil que possa cumprir esta função, e pode servir como subsídio ao aprofundamento da questão entre os agentes, continuando a discussão do *workshop* da EPE de dezembro de 2006 (EPE, 2006e).

Assim, o Capítulo 1 apresenta o Novo Modelo do Setor Elétrico, retomando o processo histórico em que apareceu, suas principais características e como a eficiência energética se insere no processo de planejamento e como atendimento à expansão da demanda; o Capítulo 2 discute os benefícios e desvantagens dos diversos agentes e consumidores com a venda de eficiência energética, para em seguida abordar a teoria dos leilões e, a partir da análise das características dos prováveis oferentes, as condições de contorno para o estabelecimento de um modelo de leilão de eficiência energética no Brasil; o Capítulo 3 analisa outras experiências de venda de eficiência energética para o sistema no mundo – o DSB dos EUA e um estudo da IEA sobre este mecanismo; o Capítulo 4 discute questões sobre o leilão de eficiência energética no Brasil – a oportunidade de sua implementação hoje, recursos que poderiam ser utilizados, aspectos regionais e apresenta um modelo – operacionalização, arranjo institucional e passos a percorrer, que poderia servir para implementá-lo; o Capitulo 5 aborda especificamente a questão da Medição & Verificação (M&V), pela sua relevância no processo de conferir credibilidade à energia economizada, com exemplos em eficiência energética em força motriz na indústria; finalmente, apresentam-se as conclusões e recomendações para desdobramento do tema e as referências utilizadas no trabalho.

1 O NOVO MODELO DO SETOR ELÉTRICO E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

1.1 Histórico

O início do setor elétrico brasileiro, no final do século XIX, com o advento da República, foi marcado por uma estrutura descentralizada, com dois modelos de atuação: empresas municipais, para desenvolvimento da iluminação e transporte públicos, e grandes investidores internacionais, destacando-se a Light nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (TOLMASQUIM et al., 2002, p. 45).

Porém, logo a necessidade de grandes investimentos e oportunidade de economia de escala provocaram a centralização do mercado. Além disso, o Código de Águas de 1934 federalizou o poder concedente. A primeira crise do setor – falta de investimentos, dificuldade de importação, parque industrial nacional incipiente (LEITE, 1997, p. 71) – ocorreu à época da II Grande Guerra, quando foi criado o CNAEE (Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica) para geri-la. Houve desatendimento da demanda e racionamento em São Paulo, Rio de Janeiro, Distrito Federal e Rio Grande do Sul (LEITE, 1997, p. 72). Após a guerra, alguns estados intervieram no setor, já que o então governo (Marechal Eurico Dutra) não priorizava o setor de infra-estrutura (TOLMASQUIM et al., 2002, p. 46). Nesta época, ainda quase todo o parque gerador era privado.

A intervenção do Estado no Setor Elétrico iniciou-se de forma mais incisiva com a atuação da CHESF (Cia. Hidroelétrica do São Francisco, criada em 1945), a partir de 1949. Os governos de Getúlio Vargas (1951-1954) e Juscelino Kubitschek de Oliveira (1956-1961) concentraram esforços no setor de infra-estrutura, com intervenção do Estado, criando as bases do desenvolvimento industrial brasileiro. Acreditavam que o papel do Estado era fazer grandes obras, prover a chamada indústria de base e assim impulsionar o desenvolvimento. Em 1957, nasce em São Paulo a indústria automobilística nacional, que marca o ingresso do Brasil na era industrial moderna. O tripé do desenvolvimento era dado pela presença do Estado no setor de infra-estrutura, as multinacionais na indústria de transformação, inclusive equipamentos, e as companhias nacionais nos bens de apoio (por exemplo, no setor de autopeças) e produtos finais.

Houve também racionamento na década de 50[4] (Belo Horizonte, 1959, e na área da Light, 1953/54, com uma "enorme quantidade de grupos diesel-elétricos instalados pelos próprios consumidores") e ganhou "consistência a concepção de que um sistema nacional de desenvolvimento do setor de energia elétrica deveria fundar-se em uma visão de longo prazo" (10 anos) e "na convicção de que os projetos [...] deviam ser comparados em função do seu potencial intrínseco de contribuir para a produção de energia ao menor custo" (LEITE, 1997,

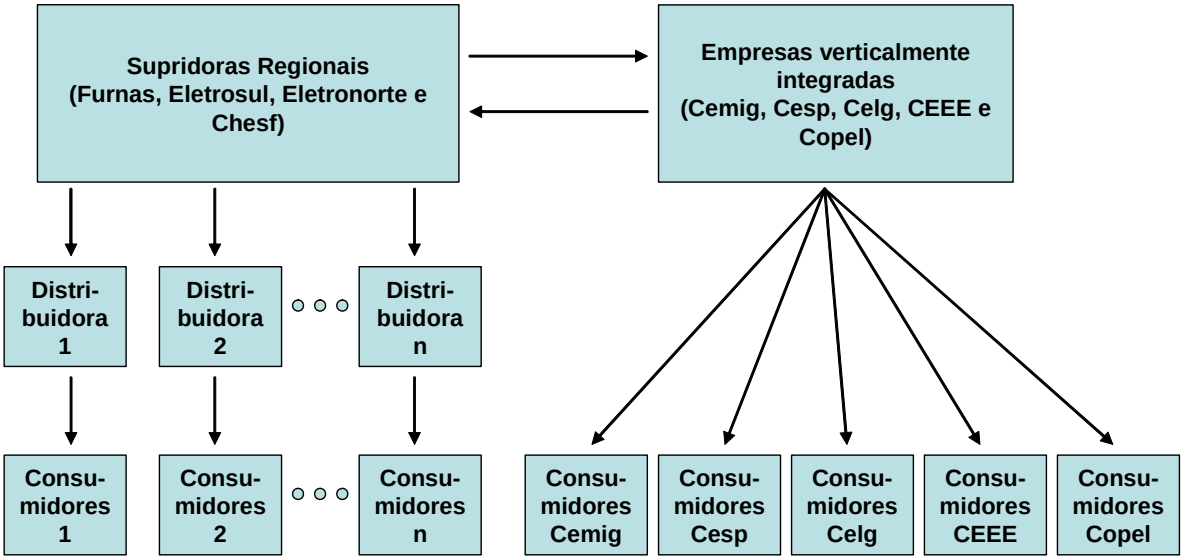
---

[4] O período hidrológico considerado crítico pelo ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico do sistema hidrelétrico brasileiro vai de de maio/1949 a novembro/1956, no período 1931-2001 (ONS, 2004).

p. 123). Fizeram-se estudos sistemáticos a partir da década de 60 e "abandonavam-se projetos isolados de usinas para adotar uma proposta de planejamento integrado" (*ibidem*, p. 131).

Em 1961, no governo de Jânio Quadros, foi criada a Eletrobrás – Centrais Elétricas Brasileiras (em projeto no Congresso Nacional havia 7 anos). A Eletrobrás passa a ser a empresa *holding* das estatais do setor, incluindo a Chesf e Furnas[5], e com função de agente financiador, administrando o Fundo Federal de Eletrificação.

A partir de 1964, nos governos militares, a Eletrobrás foi assumindo mais funções e o setor se organizando de forma centralizada, com a estrutura que perduraria até a década de 1990. Nesta organização, a Eletrobrás tinha as funções de planejamento, financiamento e coordenação e respondia pelos segmentos de geração e transmissão, através das 4 subsidiárias regionais: Eletronorte, na região Norte, Chesf, no Nordeste, Furnas, Sudeste e Centro-Oeste e Eletrosul, na região Sul. As empresas distribuidoras, como monopólios naturais em cada estado, passaram a pertencer a estes, sob a égide da Eletrobrás, com a estatização de muitas empresas[6], processo que findou em 1979, com a aquisição do Grupo Light, já no fim do governo do General Ernesto Geisel. Algumas empresas regionais detêm um quinhão de geração e transmissão – Gomes (1998) propõe o esquema da Figura 1 para a estrutura do Setor.



Fonte: GOMES (1998).

Figura 1 – Estrutura tradicional do Sistema Elétrico Brasileiro

---

[5] "FURNAS nasceu com o desafio de sanar a crise energética que ameaçava, em meados da década de 50, o abastecimento dos três principais centros socioeconômicos brasileiros - São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Com o objetivo de construir e operar no rio Grande a primeira usina hidrelétrica de grande porte do Brasil - a Usina Hidrelétrica de Furnas, com capacidade de 1.216 MW (...) Hoje, FURNAS (...) conta com um complexo de onze usinas hidrelétricas e duas termelétricas, totalizando uma potência de 9.919 MW(...), com 19.277,5 km de linhas de transmissão e 46 subestações..." (FURNAS, 2007).

[6] "Em 1963 a proporção da capacidade instalada das empresas sob controle externo ainda era elevada, correspondendo a 46% (sendo 38% da Light e 8% do grupo Amforp)" (LEITE, 1997, p. 132). A aquisição da Amforp consumou-se em nov.1964 (*ibidem*, p. 153), mas a da Light só em jan.1979, "sob fortes críticas quanto à sua oportunidade" (*ibidem*, p. 244).

Nesta fase, como conta Mello (2000), "com a intervenção estatal e com vistas a promover o desenvolvimento econômico, notadamente no setor industrial, definiu-se um grande salto na infra-estrutura energética. De 1945 a 1995, a capacidade instalada passou de 1.342 MW a 55.512 MW, sendo 50.687 MW em mais de 200 hidrelétricas, 89 delas com potência acima de 10 MW".

Além da presença estatal, o modelo se caracterizava por "elevados níveis de coordenação e hierarquização entre os agentes" (ROSA et al., 1998, p. 150). O planejamento, feito a longo prazo (10, 15 anos), como o exigem as usinas hidroelétricas, era feito pelo GCPS (Grupo Coordenador de Planejamento Setorial dos Sistemas Elétricos), a operação definida de modo centralizado pelo GCOI (Grupo Coordenador de Operação Interligada)[7], ambos da Eletrobrás. Havia também o CONAMA (Conselho de Meio Ambiente do Setor Elétrico), para adequação às normas ambientais e o GCCE (Grupo Coordenador para a Conservação de Eletricidade), para implantação das medidas de eficiência energética definidas pelo PROCEL. A sociedade participava através de vários grupos atuantes, entre os quais a ABRACE (Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia), representante dos grandes consumidores industriais. O Estado, portanto, além da posse de ativos, realizava concessões nas demais áreas, controlava a operação do sistema, regulava preços e serviços e elaborava um planejamento de expansão determinativo.

Este modelo começou a apresentar problemas ao final dos anos 70s (TOLMASQUIM et al., 2002, p. 48), com o uso pelo Governo das empresas do setor elétrico na política econômica: por um lado, usando o seu poder de captação de empréstimos estrangeiros (dinheiro não investido no setor), e por outro lado, usando as tarifas de eletricidade como controle da inflação. Também os choques do petróleo, de 1973 e 1979, fizeram com que o país buscasse reduzir a sua dependência àquele recurso, havendo então o incentivo ao maior uso de energia elétrica pela indústria[8]. Houve também incentivos ao estabelecimento de indústrias eletro-intensivas pois as hidrelétricas construídas proporcionavam sobras ao sistema elétrico. Este quadro e a crise fiscal do Estado levaram a uma deterioração do setor, financeira e técnica, como conseqüência formando um pano de fundo adequado às propostas de mudanças estruturais no setor, que se tornaram freqüentes no mundo após a implantação de modelos liberais na Inglaterra e outros países[9].

---

[7] Leite (1997, p 259) considera que "importante medida de conservação [de energia] foi tomada antes das crises [do petróleo], quando se constatou a dificuldade que tinham as concessionárias dos sistemas elétricos interligados de usarem bem a energia hidráulica disponível, agindo independentemente umas das outras. Pela lei de Itaipu, foram criados em 1972 os GCOI, [...] mecanismo [que] evitou aumentos significativos de capacidade".

[8] Programa de Substituição de Energéticos Importados por Eletricidade, portaria DNAEE no 140, de novembro de 1983, conhecido como programa de eletrotermia (LEITE, 1997, p. 261).

[9] Leite (1997, p. 282) comenta que "no fim da década de 80 começa a tomar corpo a idéia de privatização de serviços até então a cargo de empresas sob controle do Estado. Teve ela um fundamento ideológico, de reduzir a presença do Estado como agente econômico direto, e outro pragmático, decorrente da interferência política na administração das empresas".

Em 1989 é eleito presidente Fernando Collor de Mello, com uma proposta de maior liberalização de mercado, que então predominava no mundo após o fim da União Soviética. Na década de 90, portanto, uma série de mudanças atingiu o setor elétrico, com a retirada gradual do Estado e o estabelecimento de um processo de privatização. Isto, porém, não foi feito de forma sistemática, causando uma série de problemas que culminaram com o déficit de energia elétrica de 2001 e o racionamento, o que será discutido no item 1.3. Esta reforma representou uma alteração profunda no setor, como comenta Chacapuz (2006, p. 454-455):

> A economia brasileira sofreu importantes transformações na década de 1990 em decorrência das reformas que promoveram a abertura comercial, a liberalização do fluxo de capitais e a redução da presença do Estado como produtor de bens e serviços. Tais reformas ganharam suporte político mais sólido e impulso adicional com a estabilização monetária alcançada em 1994 que encerrou um longo período de alta inflação.
> A opção pelas reformas liberais representou uma mudança completa em relação às políticas desenvolvimentistas que fomentaram o processo de industrialização do país durante quase meio século, mediante grandes investimentos públicos na indústria de base e na infra-estrutura.
> Ao seguir o caminho da liberalização, a exemplo da maioria dos países latino-americanos, o Brasil buscou ajustar sua economia ao novo cenário internacional, caracterizado pelo movimento cada vez mais intenso de fluxo de capitais e outros fenômenos associados ao chamado processo de globalização, como o acirramento da concorrência e a maior integração dos mercados nacionais.
> [...]
> A privatização reduziu em muito o papel do setor produtivo estatal, um dos principais suportes do tripé desenvolvimentista modelado na década de 1950 e consolidado no regime militar.

1.2 A Reforma da Década de 1990

1.2.1 Situação do Setor antes da Reforma

Em resumo, a situação do setor no início das reformas está apresentada abaixo.

1.2.1.1 Problemas econômicos

- **Alto investimento**: como se viu, a crise financeira do setor não permitiu que os investimentos necessários em geração e transmissão fossem feitos. Tolmasquim et al. (2002, p. 65) mostram que, de 1985 a 2000, a capacidade instalada cresceu 160% enquanto o consumo o fez à taxa de 190% (o que resulta um déficit de 19%). Leite (1997, p. 325), comentando a situação atual (em 1996) da energia no Brasil, previa que "na eletricidade a crise financeira específica levou à paralisação das obras de usinas geradoras e à insuficiência dos sistemas de transmissão e distribuição, o que aponta para a possibilidade de crise de abastecimento a curto prazo".
- **Estatais endividadas**: conseqüência do uso pelo Estado das empresas como política econômica, como foi mostrado (item 1.1).
- **Tarifas baixas**: idem, para controle da inflação. Em setembro de 1989, o Banco Mundial (1990, *apud* ROSA (org.), 2001, p. 31) calculou que a tarifa média paga pela indústria representava apenas 80% do seu custo marginal.
- **Difícil captação de recursos**: como conseqüência do endividamento e do baixo faturamento.

- **Multinacionais de equipamentos**: mantêm o controle do mercado, impondo o preço dos produtos.
- **Empreiteiras nacionais**: há também sinais de cartelização e super-faturamento.

1.2.1.2 Problemas ambientais

- **Uso da terra**: os reservatórios requerem grandes áreas alagadas, o que entra em conflito com outros usos da terra.
- **Impactos sobre a população**: muitas vezes, os reservatórios provocam o deslocamento de pessoas, o que até os anos 80s era feito de modo arbitrário. Paulatinamente, a sociedade foi reagindo e o deslocamento passou a ter extensas negociações.
- **Recursos hídricos**: o uso da água, cada vez mais escasso, exige um aproveitamento compartilhado.
- **Inundação de florestas**: além da sua destruição, há emanação de gás metano.

1.2.1.3 Pressões internacionais

Diversos países estavam também mudando o seu modelo, o que aumentava a pressão para a adesão do Brasil. Na Argentina, houve desmembramento total e privatização radical dos ativos públicos (ROSA et al., 1998, p. 127); no Chile, o processo foi semelhante, porém de implantação mais lenta; a França apresenta um contraponto à tendência de privatização, pois foi mantido o monopólio da estatal EDF – *Electricité de France*, que, porém, teve que mudar a sua estratégia empresarial; a mudança inglesa, por suas características pioneiras, representa um paradigma mundial de programa de privatização, realizado durante a gestão de Margaret Thatcher; a Noruega segmentou o setor, porém manteve o controle público dos ativos; nos EUA, onde o setor nunca foi estatal, houve várias adequações da legislação para compatibilizar as forças de mercado com os interesses da sociedade.

1.2.2 O Modelo de Livre Mercado

O processo de privatização, como já dito, não foi feito de modo sistemático. Iniciou-se ainda no governo Collor, em 1992, com o PND (Plano Nacional de Desestatização), que incluiu as empresas do grupo Eletrobrás (que já haviam passado por reforma administrativa radical). O primeiro alvo foram as distribuidoras, já que as geradoras apresentavam problemas de difícil solução, inclusive a inadimplência das distribuidoras. As primeiras a serem privatizadas foram a Escelsa (Espírito Santo Centrais Elétricas S/A), em 1995 e a Light (Light Serviço de Eletricidade S/A, do Rio de Janeiro), em 1996. Até 2001 haviam sido privatizadas 23 empresas (TOLMASQUIM et al., 2002, p. 52).

Em 1993, uma lei[10] permitiu a recuperação tarifária e garantiu a sua recuperação frente à inflação. Também promoveu um "encontro contábil", zerando as dívidas das distribuidoras com as geradoras.

Outro passo importante foi a contratação da consultora *Coopers & Lybrand*, com experiência adquirida no processo inglês, cujo modelo passamos a analisar. Os principais atrativos para a mudança eram:

- **Investimentos**: atrair investimentos privados, já que o Estado não conseguia arcar sozinho com a expansão necessária do setor.
- **Confiabilidade**: seriam carreadas para o Brasil as mais modernas técnicas, inclusive de gestão, aumentando a confiabilidade do sistema, que a deterioração financeira já estava ameaçando.
- **Tarifas**: a competição tenderia a reduzir as tarifas ao consumidor final.

1.2.2.1 Premissas

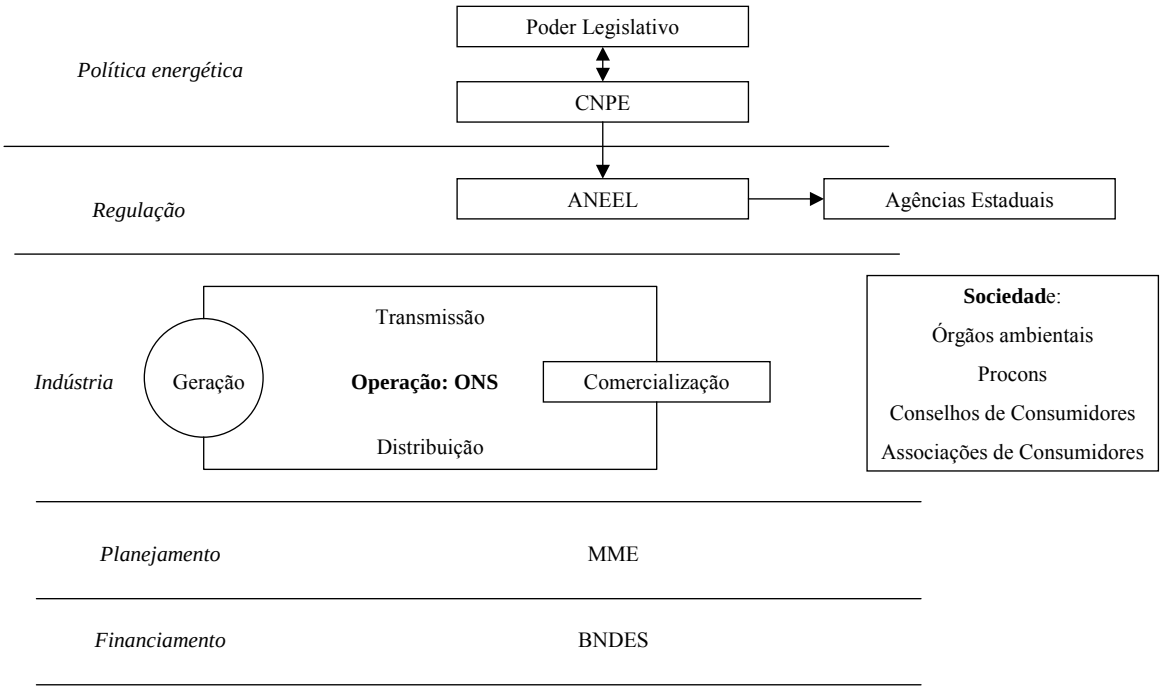
O setor elétrico foi segmentado em 4 níveis verticais: geração, transmissão, distribuição e comercialização, de maneira a se instituir um mercado competitivo nas pontas (geração e comercialização) e garantir o livre acesso no transporte (transmissão e distribuição). O relatório inicial da *Coopers & Lybrand* de 1996 não considerou, contudo, o caráter hídrico do sistema brasileiro e a otimização que sua operação interligada proporciona, o que foi consertado mais tarde, pela incorporação de sugestões de profissionais brasileiros do setor no relatório consolidado final (CHACAPUZ, 2006, p. 503).

1.2.2.2 Modelo institucional

Foram introduzidas as figuras do agente regulador (ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica), do mercado atacadista (MAE - Mercado Atacadista de Energia Elétrica), um mecanismo para permitir o despacho ótimo no sistema hídrico (MRE - Mecanismo de Realocação de Energia), e o operador centralizado (ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico). O planejamento passou a ser indicativo e não determinativo, o que veio a se constituir no calcanhar-de-aquiles do modelo, e resultou no racionamento de 2001. A Figura 2 dá uma idéia dos principais agentes.

---

[10] Lei nº 8.631, de março de 1993 – Regime Econômico dos Concessionários de Serviços de Eletricidade, regulamentada pelo decreto nº 774, ainda no mesmo mês (LEITE, 1997, p. 283).



Fonte: Adaptado de Tolmasquim et al. (2002, p. 53)
Figura 2 – Modelo institucional

1.2.2.3 Regulação

As funções da ANEEL são (TOLMASQUIM et al., 2002, p. 53-54):

a. Implementar as políticas energéticas

b. Incentivar a competição

c. Regular e fiscalizar os serviços

d. Estabelecer critérios de cálculo de preço de acesso aos sistemas de transmissão e distribuição

e. Articular-se com outros órgãos reguladores

f. Estimular a melhoria dos serviços e defender os direitos dos consumidores

g. Garantir a conformidade com os órgãos ambientais

A idéia é que a ANEEL garanta a qualidade dos serviços, modicidade das tarifas, proteção aos consumidores cativos e garantia de fornecimento, e sirva de mediador entre os agentes.

1.2.2.4 O Mercado Atacadista

A energia pode ser contratada de duas formas: via contratos bilaterais, entre geradores e comercializadores, de longo prazo, ou via mercado *spot*, de curto prazo. O preço do mercado *spot* é determinado pelo ONS (preço MAE), através do custo marginal de operação. Todos os grandes geradores e comercializadores participam do MAE, o que serve de base para o despacho centralizado de carga, feito pelo ONS. A prioridade é, portanto, para a otimização do sis-

tema hídrico, e não das regras do mercado. Este acerto é feito posteriormente, através do MRE.

O preço MAE reflete o custo de déficit e é, portanto, bastante volátil em função do regime hidrológico. Esta foi uma dificuldade para viabilizar o investimento em termoelétricas.

1.2.2.5 O Operador do Sistema

> O ONS foi criado em 1998, com a finalidade de operar o Sistema Interligado Nacional (SIN) e administrar a rede básica de transmissão de energia em nosso país. A sua missão institucional é assegurar aos usuários do SIN a continuidade, a qualidade e a economicidade do suprimento de energia elétrica. Cabe ao ONS garantir a manutenção dos ganhos sinérgicos da operação coordenada – criando condições para a justa competição entre os agentes do setor (ONS, 2004).

1.2.3 Problemas do Modelo

Este modelo acabou apresentando os seguintes problemas, após sua implementação:

- **Ausência de investimentos privados**: a mudança do planejamento determinativo para indicativo, aliada ao compromisso de superávit primário, impediu o Estado de assumir os investimentos necessários, ao passo que a falta de definições quanto ao aparato regulatório e o risco cambial em relação ao gás natural (já que se buscava incentivar as termoelétricas com este combustível) causaram um ambiente não propício aos investimentos privados.
- **Taxa de desconto**: o cálculo do custo de energia elétrica depende da taxa de atualização do capital, estipulada para as hidroelétricas entre 10 e 12% (ROSA, 2001, p. 42). O setor privado trabalhava com taxas próximas a 20%. A elevação destas taxas sinalizaria para o mercado a escassez de capital e tornaria as termoelétricas mais competitivas.
- **Gestão de recursos hídricos**: embora haja ainda um grande potencial hídrico de geração de energia elétrica, principalmente na região Norte, há o problema das áreas alagadas e outros impactos ambientais que dificultam o seu aproveitamento elétrico.
- **Modelo inglês**: o relatório da *Coopers & Lybrand* seguiu o modelo inglês, de geração quase exclusivamente termoelétrica, e várias correções tiveram que ser feitas para adequá-lo à nossa realidade, incluindo a operação interligada, a manutenção da idéia do planejamento e a preservação da Eletrobrás como agente financiador para viabilizar o potencial hidroelétrico não aproveitado. Também questionava-se uma desverticalização radical do setor num parque predominantemente hídrico.
- **Quadros técnicos**: além da falta de tradição do Brasil em atividades reguladoras, a formação do quadro técnico da ANEEL enfrentou sérios problemas porque a legislação não permite a inclusão de ex-funcionários das empresas elétricas (ROSA et al., 1998, p. 147).
- **Desigualdades sociais e regionais**: o mercado brasileiro, além de assimétrico (o sub-sistema S–SE–CO engloba 73% dos consumidores e consome 33 GW médios contra 8 do sistema N–NE – dados do ONS para 2003), envolve diferenças regionais, como o índice de atendimento residencial, bem maior na metade sul do país.

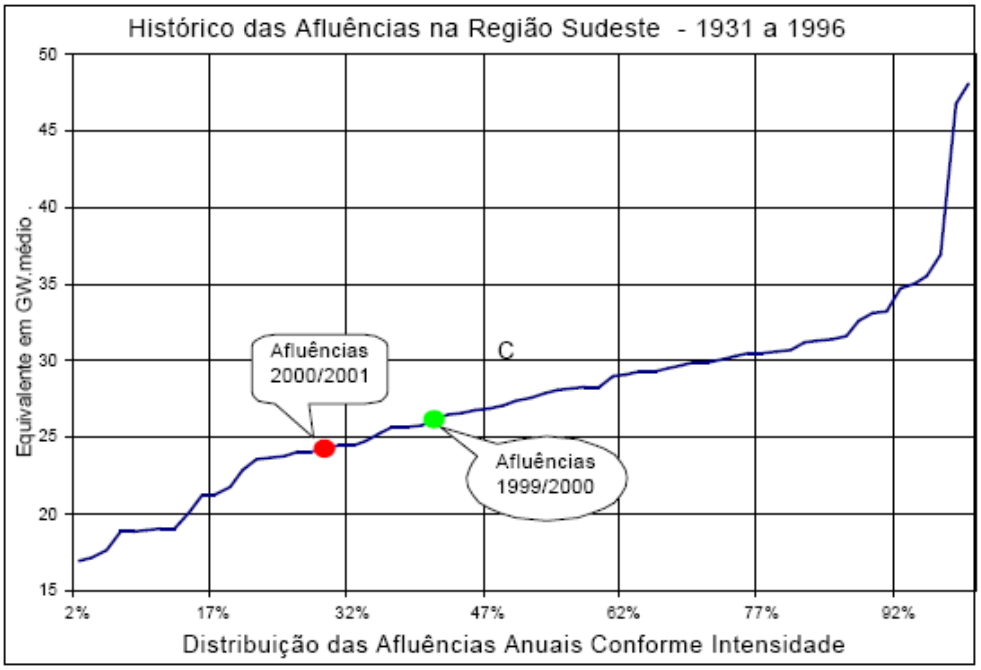
- **Efeito estufa**: o incentivo às termoelétricas, ainda que a gás natural, estão na contra-mão do ponto de vista ambiental.

1.3 O Racionamento de 2001

1.3.1 Causas

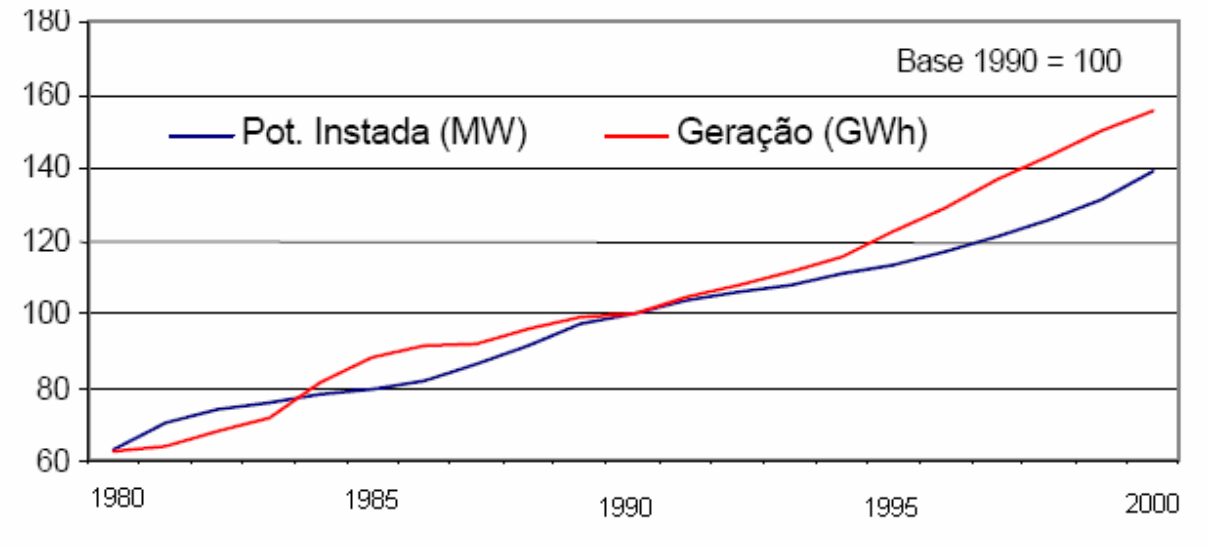
Foram apontadas como causas do racionamento de 2001-2002:

- **Período hidrológico desfavorável**: embora tenha havido um período de poucas chuvas, notadamente no período úmido (dezembro a abril) de 2000 – 2001, esta condição não estava fora das previsões, como mostra a Figura 3.



Fonte: ONS apud SAUER (2002).
Figura 3 – Histórico das afluências da região Sudeste

- **Consumo de energia elétrica acima da capacidade**: a Figura 4 mostra como, a partir de 1990, a distância entre capacidade e geração foi-se alargando.

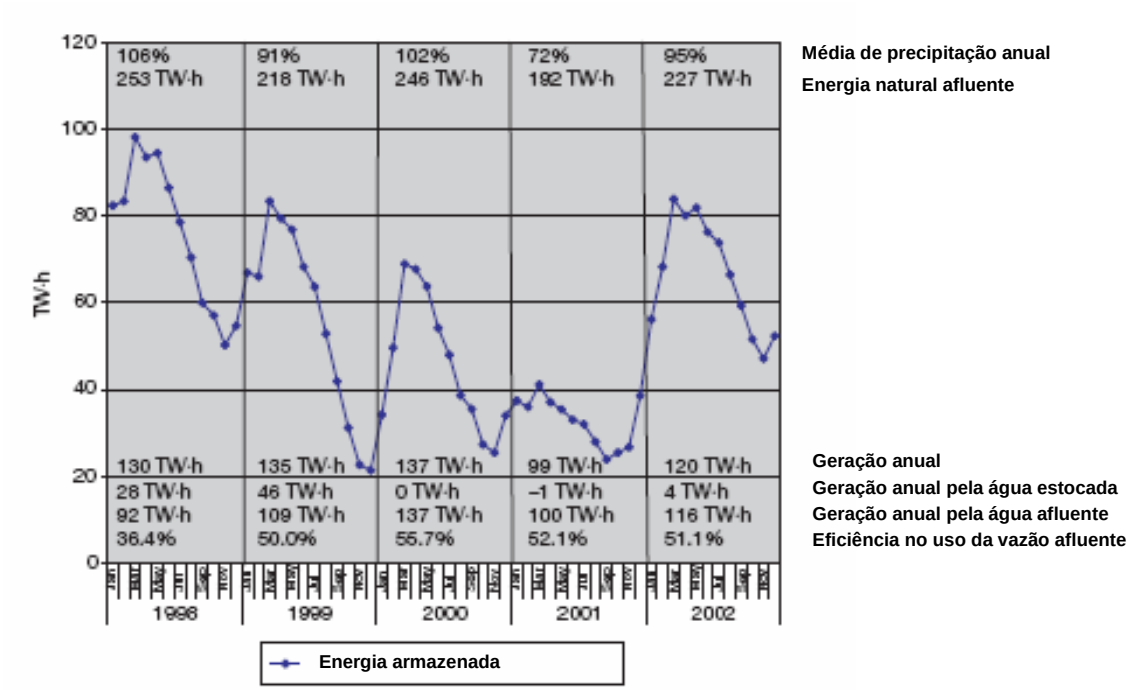


Período	% Cap. Inst.	% Consumo
1981 – 1990	4,8	5,9
1991 – 2000	3,3	4,1

Fonte: Eletrobrás *apud* SAUER (2002).

Figura 4 – Potência instalada e geração

Isto significa que as usinas tiveram que aumentar o seu fator de capacidade para atender à demanda crescente, causando a depleção dos reservatórios até seu ponto crítico, como se pode ver na Figura 5.



Fonte: Moreira e Esparta (2006, p. 158).

Figura 5 – Dados do subsistema Sudeste/Centro-Oeste

- **Investimentos decrescentes**: como falta da capacidade do Estado de investir e da não entrada do setor privado, como previa o modelo.

- **Restrições do sistema de transmissão**: as regiões Norte e Sul poderiam ter fornecido energia suficiente para evitar, ou pelo menos minorar em boa parte, o racionamento, se houvesse capacidade de transmissão suficiente. Moreira e Esparta (2006, p. 159-163), após estudar em profundidade a questão, concluem que "na prática, alguma folga deve haver na transmissão e cerca de 2.000 MW a mais de capacidade provavelmente teriam sido suficientes para mitigar ou até evitar a crise de eletricidade".

Apenas à baixa incidência de chuvas não pôde ser atribuída a incapacidade de atendimento do sistema, como pode ser evidenciado por:

- **O *apagão*[11] de 11 mar.1999**: a análise das causas do evento que derrubou o sistema SE – CO pelo ONS sugeria a queda de um raio na subestação (SE) de Bauru. No entanto, não só não há evidências de ter havido o raio pelo sistema de detecção de descargas atmosféricas existente, como isto não explicaria a queda da SE. O evento parece indicar "que o sistema operava com alto risco por falta de investimento" (ROSA, 2001, p. 160).
- **Programas de termoelétricas**: houve dois programas, sendo o segundo o PPT – Programa Prioritário de Termoelétricas, lançado em fevereiro.2000, que previa a construção de 49 unidades, onde apenas 15 tiveram efetivo andamento, 13 por iniciativa da Petrobras (SAUER et al., 2003, p. 165). Consideram estes autores: "os incentivos e garantias oferecidos para viabilizar o Programa Termelétrico foram o reconhecimento governamental do fracasso da reforma elétrica".
- **CASHEE**: Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica, criada por decreto do Presidente da República para apontar as causas do racionamento, sob a coordenação do engenheiro Jerson Kelman, chegou à conclusão de que "a hidrologia adversa, por si só, não teria sido suficiente para causar a crise" (CHACAPUZ, 2006, p. 632) e que o fator predominante da crise foi a energia não aportada ao sistema devido ao atraso de obras na geração e transmissão e à não implementação de novas usinas, entre elas as do PPT (*ibidem*, p. 633).

1.3.2 O Racionamento

Sauer (2002, p. 35) descreve com propriedade o desenrolar da crise:

> De 1994 para cá, sistematicamente, ano após ano, retirou-se dos reservatórios das usinas mais água do que entrou com as chuvas. Com a progressiva insuficiência na capacidade de geração, para atender à demanda crescente, os estoques dos reservatórios hidroelétricos foram dilapidados. Concomitantemente foi perdida também sua função de dar segurança e de confiabilidade dos sistemas da geração de eletricidade, pela garantia de um "estoque" estratégico de energia, que historicamente sempre foi respeitada. Esse estoque, que nunca ficou abaixo de 44% do nível dos reservatórios, a partir de 1995 foi sendo continuamente consumido, até chegar ao patamar inédito de 19% em novembro de 1999.

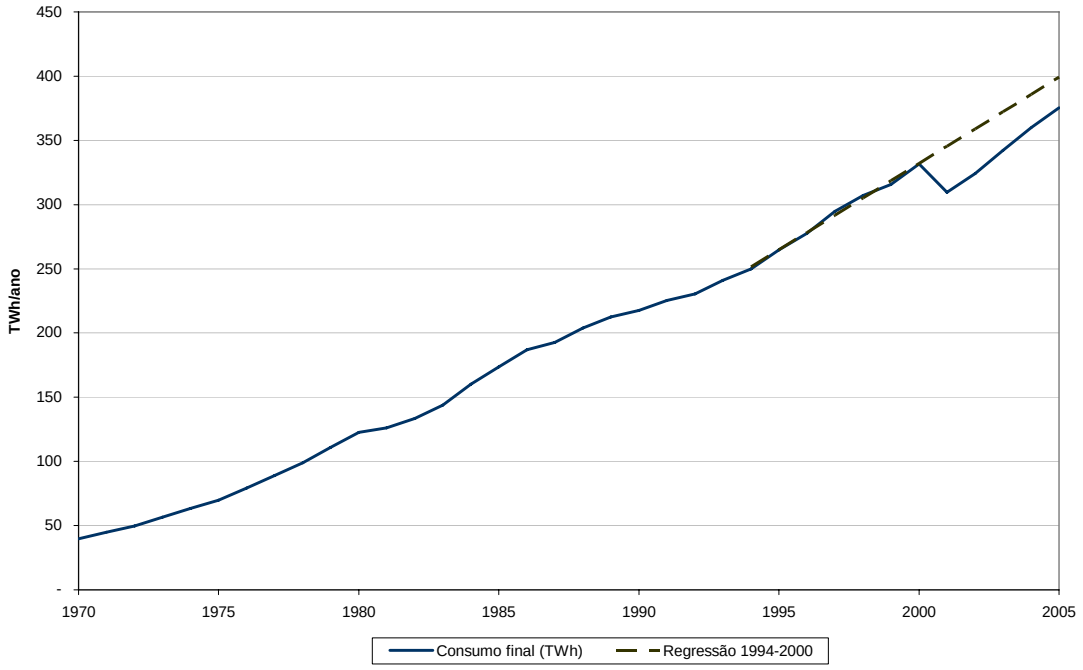
Para administrar a crise, o Governo Federal criou, em 18 maio.2001, a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (CGCE) com o objetivo de reduzir o consumo de eletricidade

---

[11] Termo que ficou sendo usado para designar uma falta de energia elétrica em uma grande região, equivalente ao *black-out* da língua inglesa.

em 20%. O período previsto inicialmente ia de junho a novembro de 2001 e valia para as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, e a redução seria relativa ao período de maio-julho.2000, afetando diferentemente os consumidores (PEGO FILHO et al., 2001). Cada consumidor deveria reduzir o seu consumo de acordo com a meta estabelecida, ficando sujeito a multa e corte de fornecimento caso não a atingisse, segundo regras estabelecidas[12]. O racionamento durou até fevereiro de 2002 (9 meses) e resultou em uma expressiva redução do consumo, com repercussão até os dias atuais.

A Figura 6 mostra o perfil de consumo de energia elétrica no Brasil de 1970-2005 e define bem a influência do racionamento.

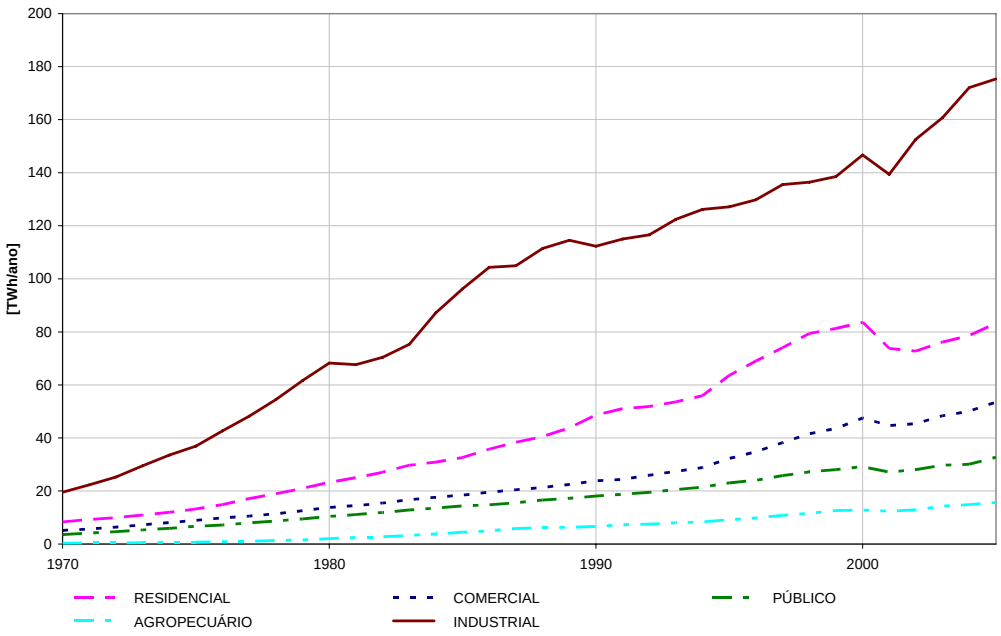


Fonte: Elaboração própria, a partir do BEN 2006 (EPE, 2006).
Figura 6 – Consumo de energia elétrica no Brasil 1970 – 2005

Os objetivos de redução do racionamento foram atingidos e as chuvas no período úmido de 2001-02 restabeleceram a normalidade da oferta. Para uma análise rápida, a linha pontilhada da Figura 6 é uma extensão de regressão feita nos anos de 1994-2000 do consumo total de energia elétrica no Brasil nos anos do calendário (consumo = 13,453 * ano – 26.575; r^2 = 0,994) e aponta para uma diferença, em 2005, de 2,7 GW med (correspondendo a uma hidrelétrica de 5 mil MW). No entanto, a inclinação da curva real 2002-05 é maior, indicando uma tendência de retomada dos padrões de consumo anteriores.

Todos os setores foram atingidos, em maior ou menor grau, como mostra a Figura 7.

[12] Outras medidas foram tomadas, como a construção de termelétricas emergenciais, que praticamente não chegaram a operar.



Fonte: Elaboração própria, a partir do BEN 2006 (EPE, 2006).
Figura 7 – Consumo setorial no Brasil 1970-2005

Uma pesquisa da CNI[13] (2002), através de questionários respondidos por 1.159 indústrias pequenas e médias e 238 grandes, mostrou que "pouco mais da metade das empresas industriais brasileiras não parece ter sofrido impactos negativos importantes" (CNI, 2002, p. 1). Metade das pequenas e médias e quase 30% das grandes não investiram em maior eficiência energética (no questionário, esta opção incluía cogeração, troca de insumo energético, troca de equipamentos e outras – cerca de ¼ das pequenas e quase 40% das grandes adquiriram equipamentos mais eficientes). O questionário não apurou quantas desligaram ou reduziram cargas para atender à meta. 2/3 das empresas não fizeram uso de geração própria ou fontes alternativas.

Estes dados parecem indicar que havia, em muitas empresas, uma folga grande no consumo de eletricidade, sinalizando desperdícios, e que a eficiência energética contribuiu apenas com uma pequena parte na redução do consumo verificada. À época do questionário, mais da metade das empresas acreditavam que a crise iria se repetir nos anos vindouros. Portanto, uma correção de rumo fazia-se necessária.

1.4 O Novo Modelo do Setor Elétrico

Após o racionamento, diversos estudos foram feitos no sentido de se evitar a repetição do evento, entre eles o do Instituto Cidadania, reunindo uma equipe onde diversos participantes comporiam o corpo técnico do novo Governo Federal. Esta equipe elaborou documento

[13] Confederação Nacional da Indústria.

(IC, 2002) que serviria de base ao Novo Modelo proposto, e estabelecia como premissas, entre outras colocações:

- Fornecer energia é uma função de elevada importância estratégica para o crescimento sustentável.
- As bases de sustentação do fornecimento de eletricidade não podem ser entregues às forças do mercado, nem a uma visão tecnocrática e centralizadora.
- A política energética deve voltar-se ao crescimento econômico, ao atendimento das necessidades da sociedade, à geração de empregos, à melhor distribuição de renda e à inclusão social. Entre outros desdobramentos necessários, esse perfil resulta na necessidade de se buscar a universalização do fornecimento da energia elétrica, inclusive no meio rural, com tarifas módicas.
- O Brasil dispõe de abundantes potenciais hidráulicos para geração de energia elétrica a custos muito inferiores à média dos praticados internacionalmente.
- O planejamento de longo prazo é instrumento fundamental para se programar as ações necessárias à consecução das metas visadas.
- O planejamento integrado, de longo prazo, exige uma nova estrutura institucional envolvendo definições precisas para: a) eletricidade; b) petróleo e gás natural; c) álcool e bagaço da cana; d) carvão e combustível nuclear; e) fontes alternativas como a eólica, a solar e a biomassa; f) **conservação de energia**; g) cogeração e geração elétrica distribuída nas empresas consumidoras.

Propunha-se, portanto, um novo modelo que pretendia ser a síntese dos outros dois: retomava o planejamento energético, a prioridade às hidrelétricas, o valor econômico-social da energia ao mesmo tempo em que mantinha a participação privada e a concorrência nos setores de geração e comercialização. A Tabela 1 resume as principais diferenças entre os 3 modelos já praticados no setor elétrico brasileiro.

Tabela 1 – Comparação entre os Modelos do Setor Elétrico

Modelo Estatal (até 1995)	**Modelo de Livre Mercado (1995 a 2003)**	**Novo Modelo (2004)**
Financiamento através de recursos públicos	Financiamento através de recursos públicos e privados	Financiamento através de recursos públicos e privados
Empresas verticalizadas	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição e comercialização	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação
Empresas predominantemente estatais	Abertura e ênfase na privatização das empresas	Convivência entre empresas estatais e privadas
Monopólios - competição inexistente	Competição na geração e comercialização	Competição na geração e comercialização
Consumidores cativos	Consumidores livres e cativos	Consumidores livres e cativos
Tarifas reguladas em todos os segmentos	Preços livremente negociados na geração e comercialização	No ambiente livre: preços livremente negociados na geração e comercialização No ambiente regulado: leilão e licitação pela menor tarifa

Modelo Estatal (até 1995)	Modelo de Livre Mercado (1995 a 2003)	Novo Modelo (2004)
Mercado Regulado	Mercado Livre	Convivência entre Mercados Livre e Regulado
Planejamento Determinativo - Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS)	Planejamento Indicativo pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)	Planejamento pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE)
Contratação: 100% do Mercado	Contratação : 85% do mercado (até agosto/2003) e 95% mercado (até dez./2004)	Contratação: 100% do mercado + reserva
Sobras/déficits do balanço energético rateados entre compradores	Sobras/déficits do balanço energético liquidados no MAE	Sobras/déficits do balanço energético liquidados na CCEE. Mecanismo de Compensação de Sobras e Déficits (MCSD) para as Distribuidoras

Fonte: Câmara de Comercialização da Energia Elétrica - CCEE (2007).

O novo Governo (Luiz Inácio Lula da Silva), assumindo em 2003, concebeu nestas bases um novo "Modelo Institucional do Setor Elétrico" (MME, 2003), estabelecendo como objetivos principais:

- Garantir a segurança de suprimento de energia elétrica
- Promover a modicidade tarifária, por meio da contratação eficiente de energia para os consumidores regulados
- Promover a inserção social no Setor Elétrico, em particular pelos programas de universalização de atendimento

Comentam-se abaixo alguns itens deste novo modelo de importância para esta tese.

1.4.1 Segurança de Suprimento

Este é um dos itens principais do modelo, visto que se queria evitar a repetição do racionamento. Prevê-se a contratação de 100% da demanda, novas definições de energia assegurada, melhor equilíbrio entre hidrelétricas e termelétricas, otimizando custo e garantia de suprimento e monitoramento contínuo.

Um mercado forte de eficiência energética provê o conhecimento do uso da energia pelos diversos setores e, portanto, uma melhor capacidade de planejamento e previsão, especialmente em condições de restrição de oferta.

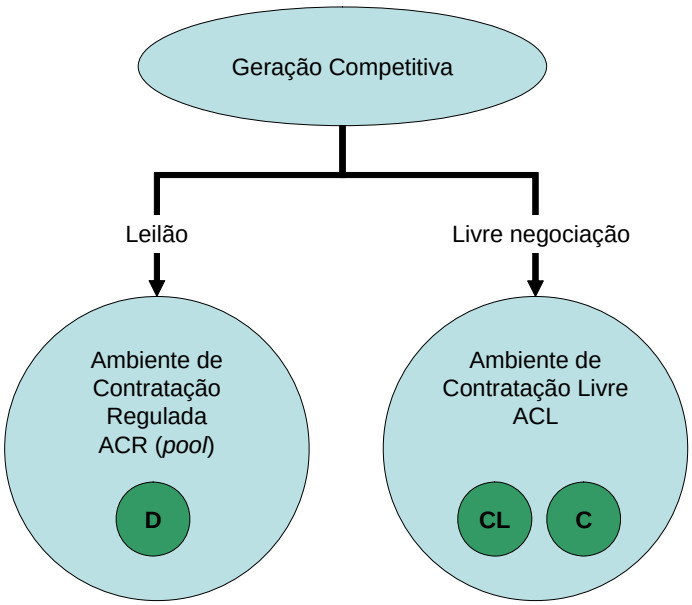
1.4.2 Modicidade tarifária

Pretende-se alcançar modicidade tarifária através da compra otimizada da geração, o que será feito "sempre por meio de leilões, na modalidade 'menor tarifa'" (MME, 2003, p. 8), compra através do *pool* de distribuidoras (facilitando a contratação de hidrelétricas e obtendo economia de escala) e compra separada da energia das usinas já com investimento amortizado ("energia velha") das novas.

Os investimentos em eficiência energética, além de, em grande parte, terem custos menores que os de geração nova, aliviam as redes de transmissão e distribuição, contribuindo duplamente para menores tarifas.

1.4.3 Ambientes de contratação

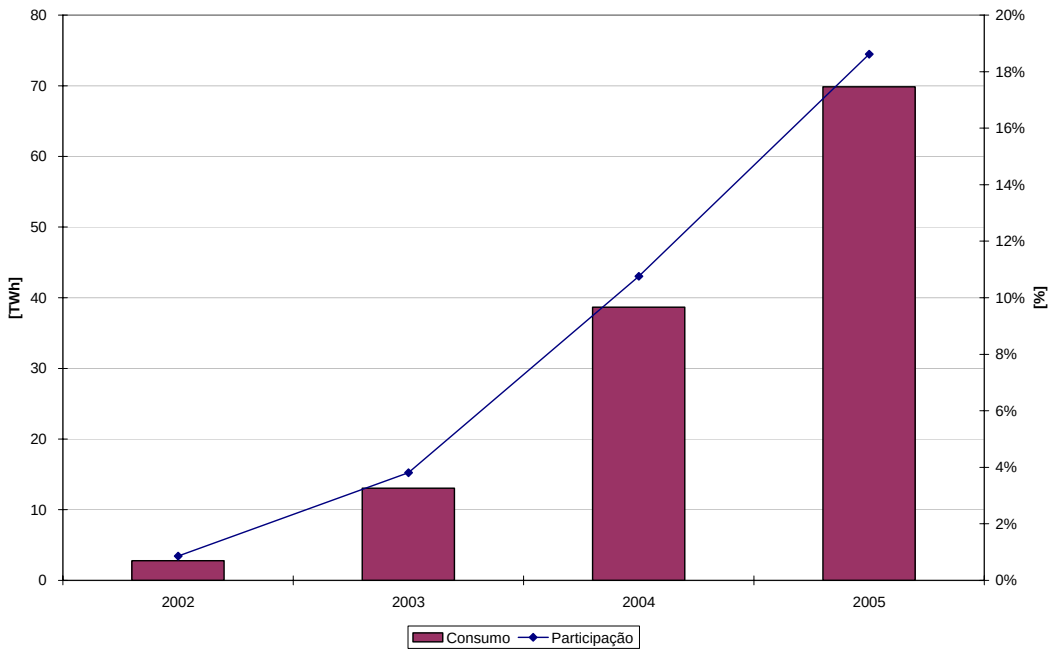
O modelo separou dois ambientes de contratação, protegendo o consumidor cativo, de um lado, assegurando a modicidade tarifária e estimulando o consumidor livre, de outro, para aproveitar as oportunidades do mercado. O esquema geral está na Figura 8.



D: distribuidoras – consumidores cativos
CL: consumidor livre
C: comercializador
Fonte: Adaptado de MME (200-).
Figura 8 – Ambientes de contratação

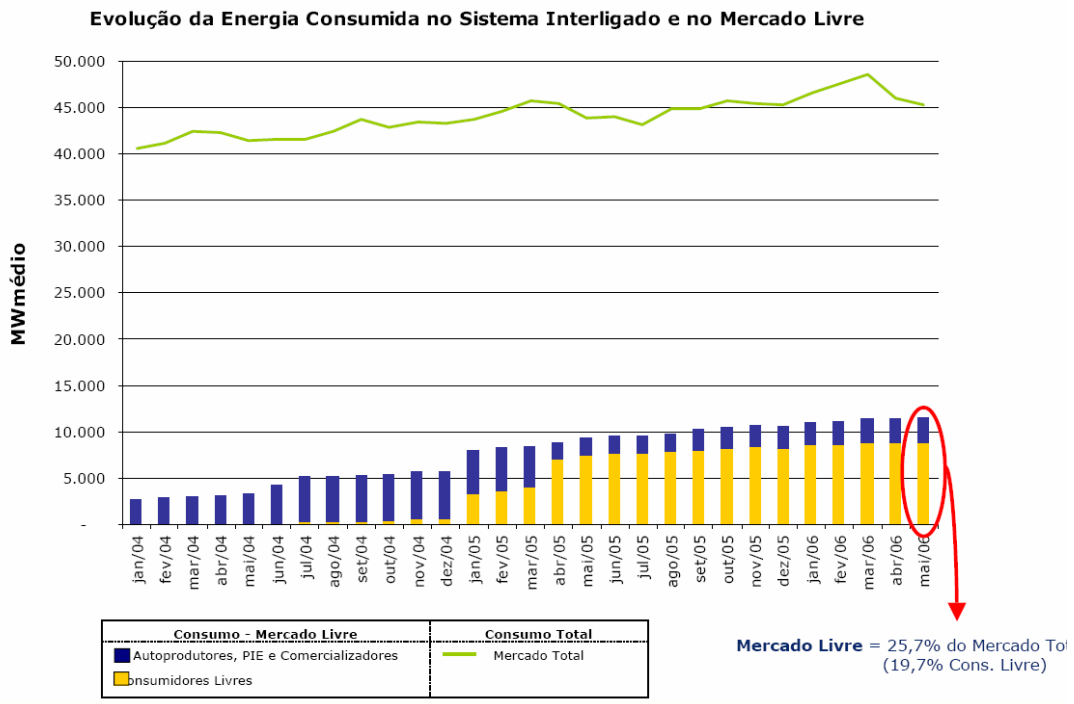
O ACR, portanto, "compreende a contratação de energia para o atendimento aos consumidores regulados (consumo cativo dos distribuidores) por meio de contratos regulados, com o objetivo de assegurar a modicidade tarifária" (MME, 2003, p. 8) enquanto o ACL "compreende a contratação de energia para o atendimento aos consumidores livres, por intermédio de contratos livremente negociados" (*ibidem*). Assim, o modelo procurou conciliar a proteção ao consumidor cativo do modelo estatal com a liberdade de procurar melhores oportunidades ao consumidor de maior porte do modelo de Livre Mercado. Os geradores podem participar tanto do ACR como do ACL.

Como havia muita energia descontratada, o preço do MWh no mercado livre estava baixo e este mercado rapidamente cresceu, como mostra a Figura 9.



Fonte: BEN 2006 (EPE, 2006) e EPE, 2006b.
Figura 9 – Participação do Mercado Livre de eletricidade

O número de consumidores livres registrados na CCEE foi de 34 em 2004, 470 em 2005 (CCEE, 2005), chegando a 543 em jul.2006 (CCEE, 2006). Este mercado representa hoje mais de ¼ da energia elétrica consumida no Brasil, como mostra a Figura 10.

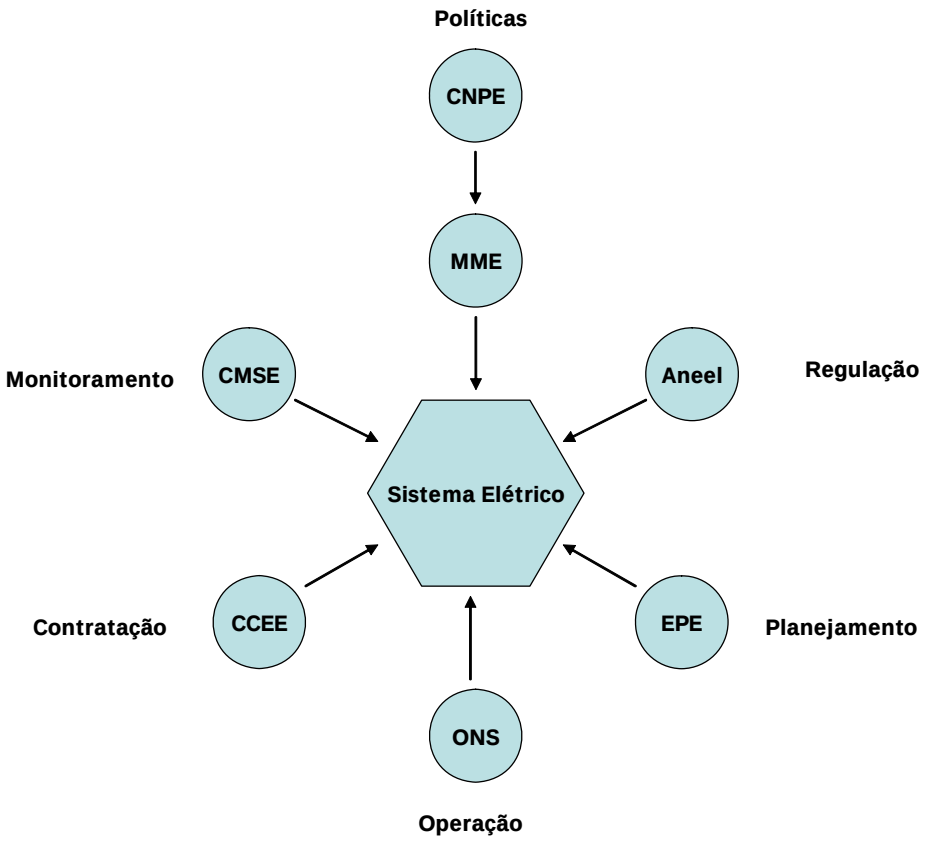


Fonte: CCEE (2006).
Figura 10 – Energia elétrica no SIN e Mercado Livre

O consumidor livre, pela sua maior exposição aos riscos do mercado de energia, deve gerenciar o seu consumo, sendo, portanto, mais favorável a ações de eficiência energética em suas instalações. Assim, qualquer arranjo que se faça para o leilão não pode deixar esta parcela de fora.

1.4.4 Arranjo institucional

O Novo Modelo requereu a criação de novos agentes institucionais e a redefinição do papel de alguns outros. O esquema geral de funcionamento está esquematizado na Figura 11.

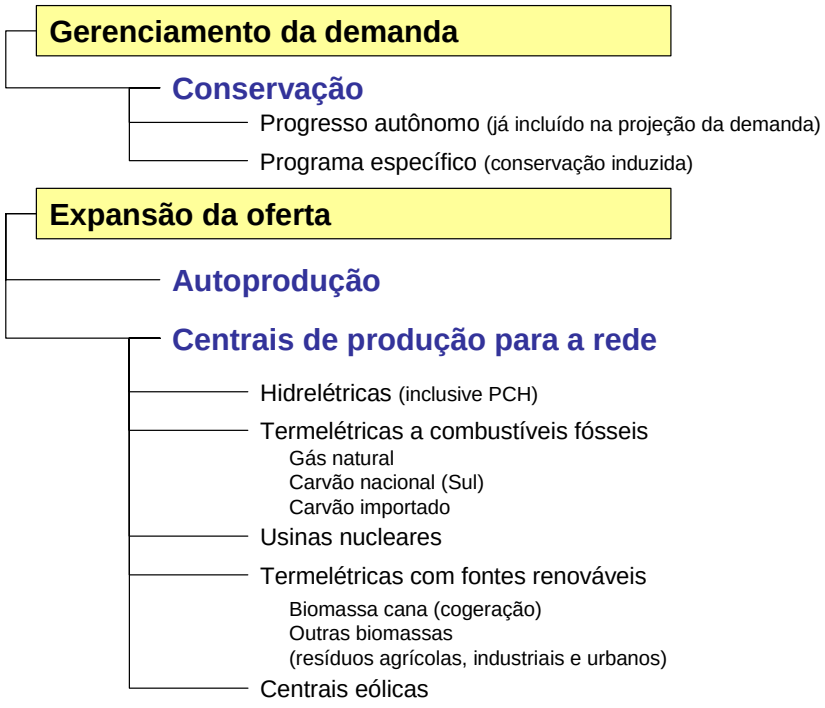


Fonte: Elaboração própria, baseado em MME (2003).
Figura 11 – Agentes Institucionais do Setor Elétrico

Em linhas gerais, as principais funções são: a política energética é definida pelo CNPE (Conselho Nacional de Política Energética), em articulação com as demais políticas públicas, cujas diretrizes são detalhadas e implementadas pelo MME (Ministério das Minas e Energia). A regulação do mercado é feita pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), o planejamento pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética, ligada ao MME), a operação coordenada pelo ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico), as contratações são feitas através, monitoradas e liquidadas pela CCEE (Câmara de Compensação de Energia Elétrica) e o monitoramento de longo prazo para garantir o suprimento feito pelo CMSE (Comitê de Monitoramento do Sistema Elétrico).

Neste trabalho, cabem destacar as funções de definição e implementação de políticas públicas do MME, planejamento da EPE e contratação pela CCEE.

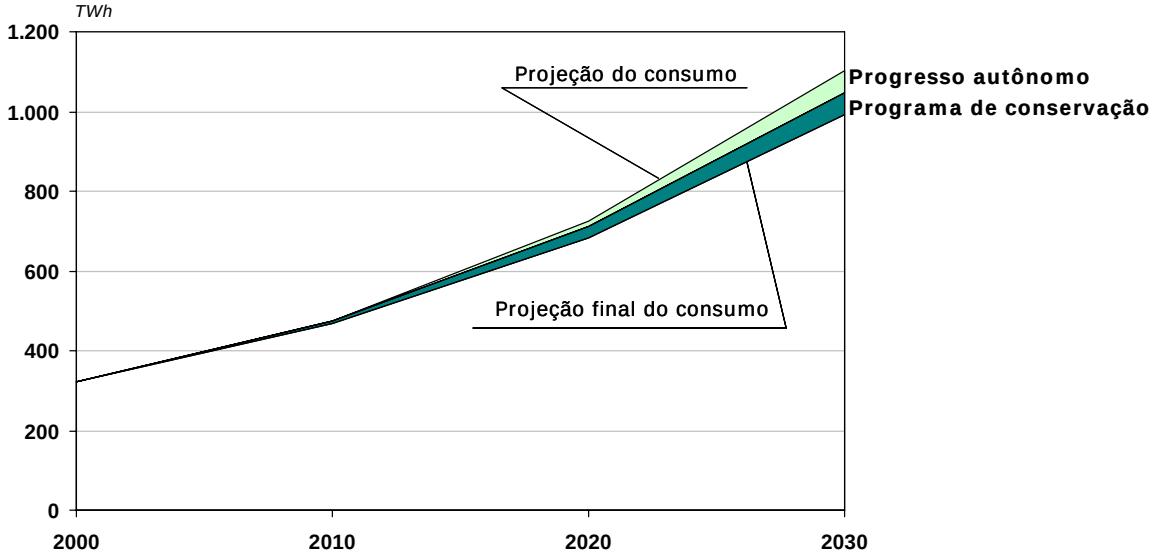
O MME tem definido a eficiência energética como recurso energético a ser explorado no mesmo patamar dos demais. Para o atendimento da demanda de eletricidade projetada no Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), por exemplo, previram-se dois tipos de ação: o gerenciamento da demanda e a expansão da oferta, como esquematizado na Figura 12 (EPE, 2006c).



Fonte: EPE (2006c).

Figura 12 - Alternativas para atendimento da demanda

Para a conservação de energia foram consideradas duas estimativas, uma a que se chamou progresso autônomo, representando a economia de energia que se consegue com a evolução tecnológica dos equipamentos, hábitos de uso já incorporados (por exemplo, comprar equipamentos de menor consumo) e ações já em curso (resultados da regulamentação da Lei de Eficiência Energética, resultados do PBE, ações regulares do Procel e do PEE) e outra, chamada de progresso induzido, resultado de ações específicas de fomento a uma maior eficiência energética que, de certa forma, concorre com as opções de expansão do sistema (tem orçamento e meta de energia economizada definidos). Em um dos 4 cenários macroeconômicos criados no PNE 2030, chamado de "Surfando a Marola" (EPE, 2006c), estas duas projeções representam uma redução do consumo de 10% até 2030, como mostra a Figura 13.



Fonte: EPE (2006c).

Figura 13 - PNE 2030 – Projeção do consumo final de eletricidade

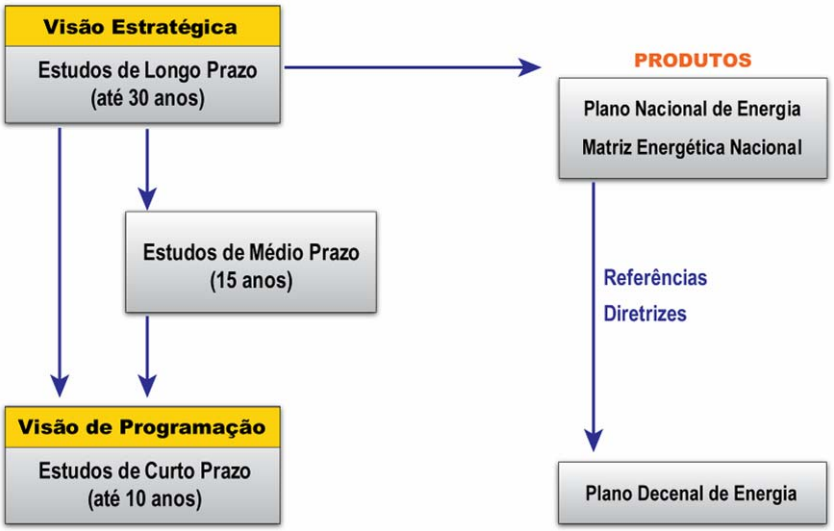
Para a implantação do progresso induzido neste período, o MME traçou estratégias em que o desenvolvimento de mecanismos de mercado, como o Leilão de Eficiência Energética, surge como um importante vetor.

Finalmente, a execução dos leilões e celebração de contratos deverá integrar os procedimentos da CCEE, passando por processos de análise e de medição e verificação que serão discutidos adiante (item 5).

1.4.5 A Expansão da Oferta

O planejamento da expansão se dá inicialmente em estudos de longo prazo[14], com periodicidade prevista de dois anos, que são detalhados em planos decenais, revisados anualmente – ver esquema na Figura 14 – no sentido de otimizar a utilização dos recursos energéticos do país *vis-à-vis* a expansão do mercado consumidor.

[14] Processo que deverá se regularizar nos próximos anos, já que o PNE 2030 só foi concluído no início de 2007, depois do plano decenal PDEE 2006-2015 (EPE, 2006d) que, por motivos operacionais, foi lançado em maio de 2006.



Fonte: MME (2006, p. 2).

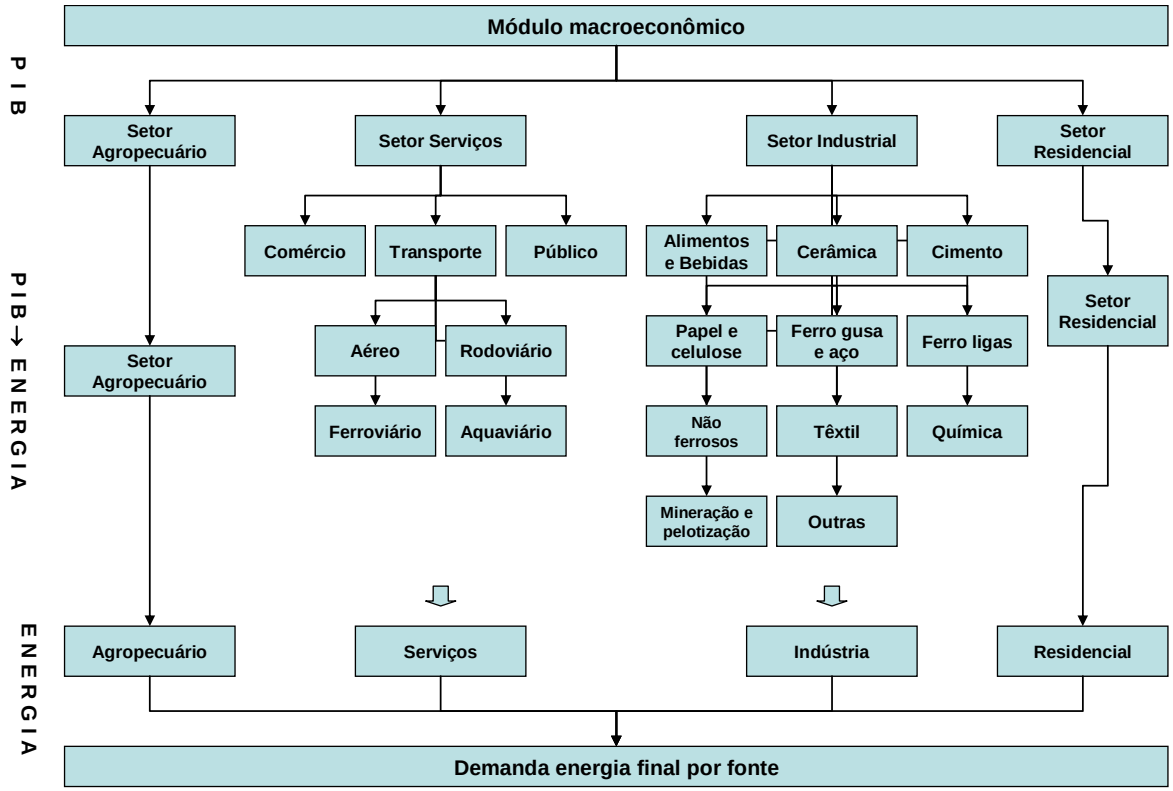
Figura 14 – Processo de Planejamento do Setor Elétrico

Os estudos de longo prazo apontam os rumos que pode tomar o uso da energia e subsidiam as políticas energéticas a serem definidas. Os planos decenais estabelecem um conjunto de usinas capazes de atender à demanda projetada e servem de base aos licenciamentos ambientais prévios ao leilão e às usinas que vão constituir o espectro básico de ofertas[15]. Ambos fazem previsão da penetração de eficiência energética – o PDEE 2006-2015 (EPE, 2006d) seguiu a abordagem tradicional e previu reduções na projeção do mercado consumidor por ações de eficiência. O PNE 2030 já foi adiante, prevendo uma redução do mercado por ações já incorporadas, denominando-o progresso autônomo e outra a ser concretizada por ações efetivas do poder governamental – o progresso induzido. Porém, não detalhou como isto se daria. A idéia é que futuramente se detalhem "usinas virtuais", medidas de eficiência energética bem definidas (por exemplo, geladeiras mais eficientes, iluminação pública, força motriz na indústria), com potencial a ser atingido, estratégia de ação, orçamento, prazo, ações de M&V e forma de acompanhamento.

Os planos fazem, portanto, projeções da oferta e da demanda respectiva para atendê-la. No PNE 2030, a projeção da demanda é feita através de um modelo "*bottom-up*", o MIPE – Modelo Integrado de Planejamento Energético (EPE, 2006f, p. 7), que, para o setor industrial, a partir da evolução do PIB do setor definida em cada cenário macroeconômico estudado e sua distribuição pelos sub-setores (Figura 15), projeta a sua oferta física (em geral, em toneladas) – a energia necessária para esta produção é obtida pela soma da usada nos diversos usos finais ou variações do produto, através da evolução do índice de eficiência energética, em kWh/ton (caso da eletricidade).

---

[15] "O planejamento decenal irá, portanto, subsidiar: a realização dos futuros leilões de compra de energia de novos empreendimentos de geração e de novas instalações de transmissão; a definição de quais estudos de expansão da transmissão devem ser priorizados, bem como de quais estudos de viabilidade técnico econômica e socioambiental de novas usinas geradoras realizar e, eventualmente, quais estudos de inventários deverão ser atualizados" (PDEE 2006-2015, EPE, 2006d, p. 11).



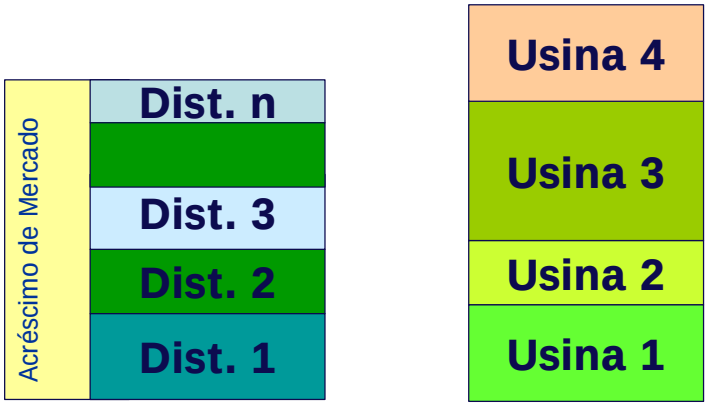
Fonte: EPE (2006e, p. 8)

Figura 15 – Esquema do MIPE

No setor industrial, portanto, a demanda final de eletricidade depende diretamente dos índices de eficiência energética em kWh/ton e, no setor comercial, da evolução da população e da renda per capita. A tendência, no entanto, é que o setor comercial seja desagregado nos seus principais componentes (*shopping*, hotéis, hospitais, escritórios, etc.), e sejam definidos também índices de eficiência energética, como kWh/m^2, por exemplo. No PDE (Plano Decenal de Expansão de Energia), os setores eletro-intensivos são tratados individualmente, com projeções de oferta e índices de eficiência energética e os demais por elasticidade demanda-PIB (EPE, 2007a, p. 86), assim como o setor comercial. A tendência, havendo melhores bases de dados de consumo final, é que a análise *bottom-up* seja neste plano também adotada. Estas considerações serão usadas no item 4.4.5 e nos exemplos do Capítulo 5, quando for discutida a M&V das propostas ao leilão de eficiência energética, para se estudar o impacto de eventuais desvios de energia economizada no resultado do planejamento energético.

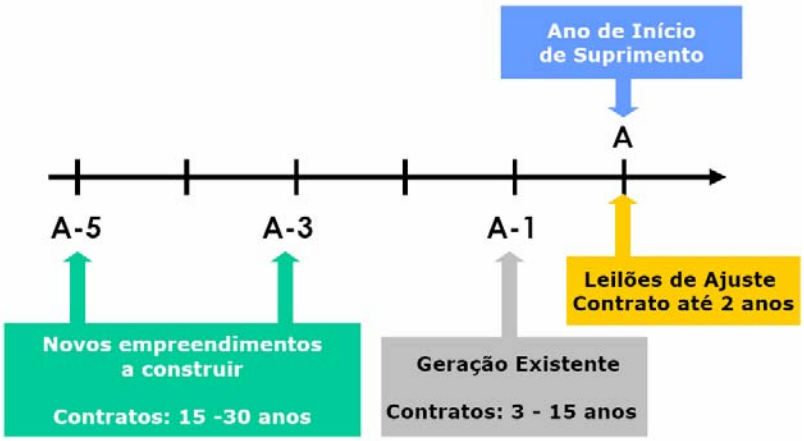
A responsabilidade pelo atendimento do mercado, no entanto, é dos agentes do setor, que deverão adquirir a energia necessária para tal. Para viabilizar a construção de hidrelétricas, cujo prazo é tipicamente de um lustro, as distribuidoras devem informar sua previsão de carga para 5 anos à frente, que são agregadas e consolidadas pela EPE. A EPE estabelece então um plano de oferta de usinas, com capacidade para atender bem mais que o mercado pre-

visto[16], que vão à leilão (chamado de A-5), podendo haver ofertas de usinas alternativas – ver Figura 16.



Fonte: Tolmasquim (2006).
Figura 16 – Expansão do sistema elétrico

Como a previsão antecipada do mercado em 5 anos tem grande incerteza[17], e como usinas térmicas têm prazos de construção mais curtos, há um outro leilão três anos antes (A-3), para contratos tipicamente com termelétricas e outro um ano antes, de geração existente (Figura 17). Pode haver também leilões de ajuste, para as concessionárias não inteiramente cobertas em A-3, além de um rateio de sobras e *deficits* interno ao *pool* a cada ano.



Fonte: CCEE (2006, p. 9).
Figura 17 – Leilões de compra no ACR

Os contratos também podem ser por **quantidade de energia**, onde o risco da operação energética integrada é assumido pelo gerador, ou por **disponibilidade de energia**, onde este risco é repassado aos consumidores do *pool*.

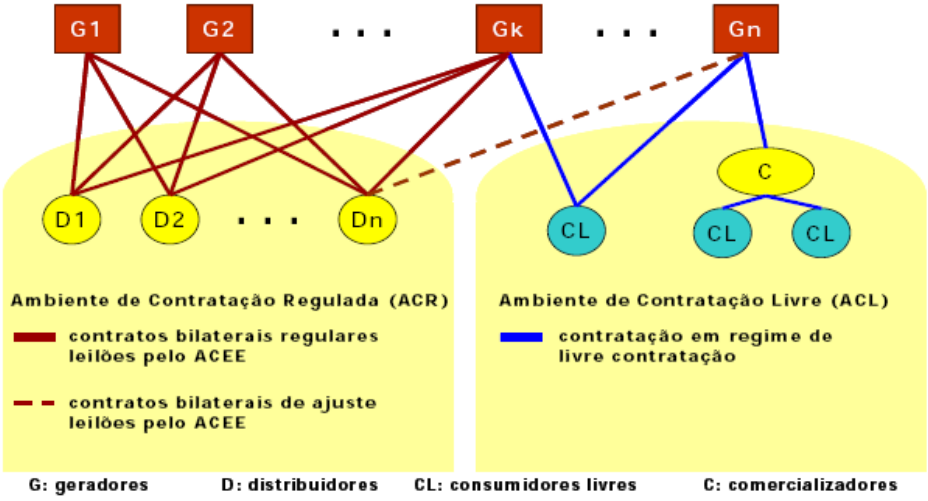
---

[16] "Com o objetivo de aumentar a eficiência do processo de licitação, o montante total de capacidade (energia assegurada) dos projetos oferecidos deverá exceder substancialmente o de energia licitado. Além disso, os projetos hidrelétricos oferecidos já terão a respectiva licença ambiental" (MME, 2003, p. 10).

[17] O modelo previa uma licitação em 2 fases: uma inicial, em A-5, contratando-se parte da energia prevista e outra em A-3, contratando-se o restante (MME, 2003, p. 9-10).

No processo do leilão, as usinas são ordenadas pelo menor custo e é vencedor o oferente que propuser a menor tarifa (R$/MWh de energia assegurada) para cada projeto. Pode-se estipular uma determinada fração de atendimento por termelétricas, para aumentar a garantia de suprimento.

Definidas as usinas e projetos vencedores, contratos são celebrados entre os geradores e todas as distribuidoras, como mostra a Figura 18. Cada projeto pode vender uma parte da energia aos consumidores livres.



Fonte: MME (2003, p. 31).

Figura 18 – Relações contratuais de geração de eletricidade

1.4.5.1 Resultados dos leilões de expansão

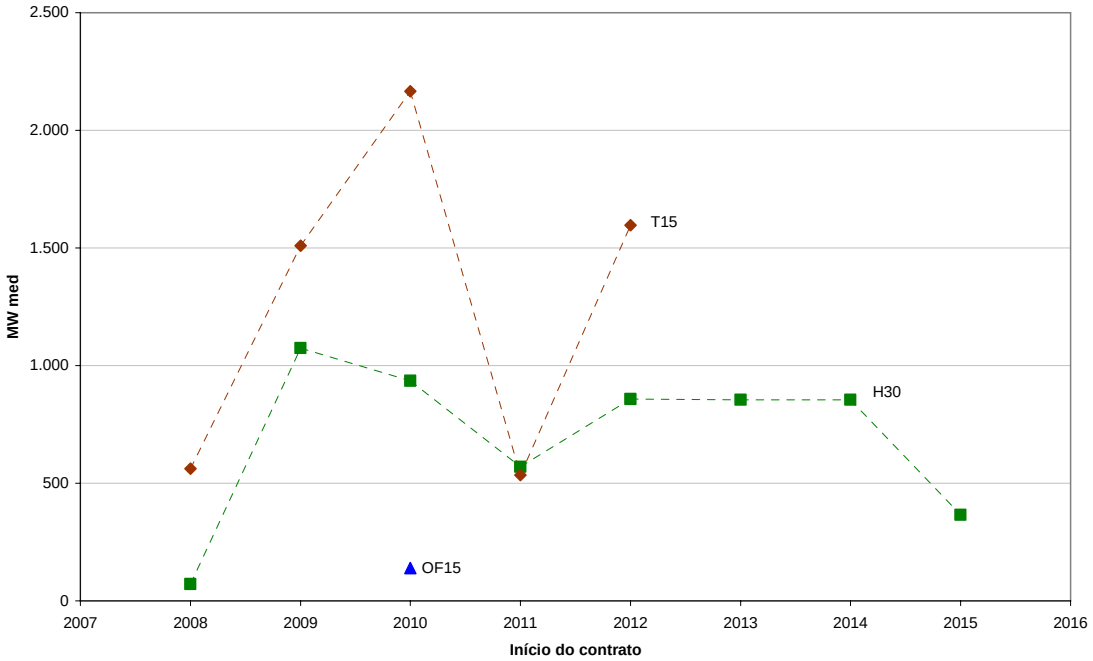
Já houve sete leilões de expansão, chamados de "energia nova", 3 tipo A-5 (2005, 2006 e 2007), 2 A-3 (2006 e 2007), um específico para fontes alternativas em 2007 e outro específico para a usina de Santo Antônio, no Rio Madeira (CCEE, 2007), tendo sido vendidos já 12 GW médios, cerca de um quinto da geração brasileira.

A energia de fontes térmicas tem prevalecido, embora com custo do MWh gerado mais alto, como mostram a Figura 19 e Figura 20[18]. Esta situação foi significativamente alterada com o leilão da usina de Santo Antônio, realizado em 10 dez.2007, com a energia vendida a 78,87 R$/MWh. De toda sorte, a entrada ainda a maior de fontes térmicas ressalta a importância da eficiência energética e, em particular, o leilão de eficiência energética ganha cada vez mais em oportunidade, já pelo aumento dos preços (para perseguir a modicidade tarifária), já pelo impacto ambiental evitado[19].

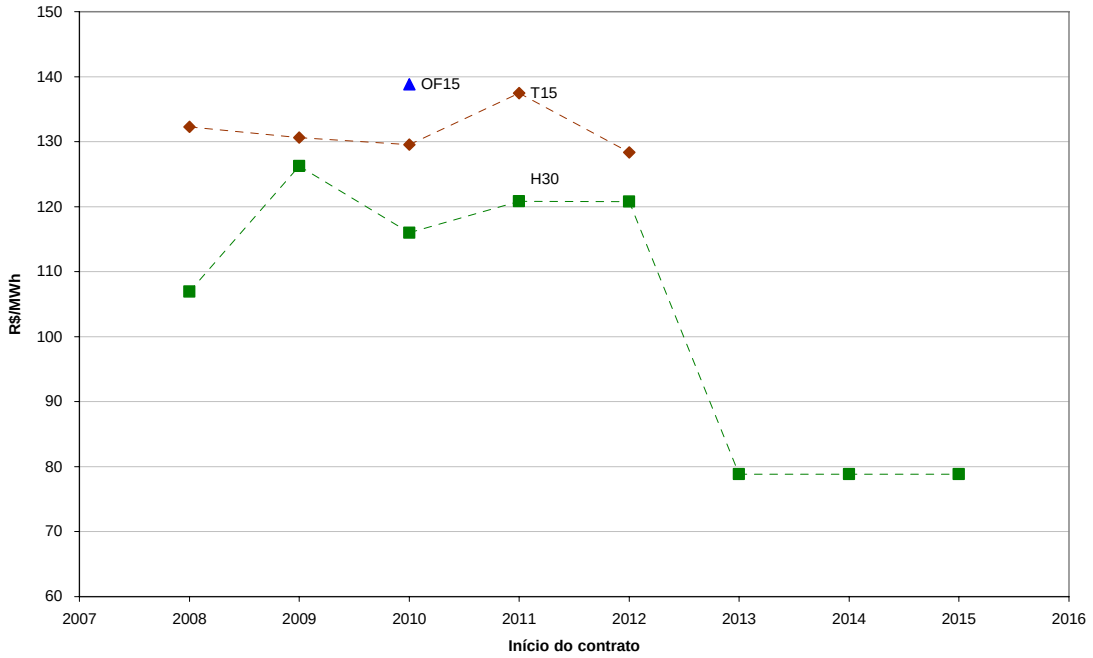
---

[18] A energia da usina de Santo Antonio, pela sua magnitude, foi dividida pela entrada efetiva das máquinas, conforme Aneel (2007), pelos anos de 2012 a 2015.

[19] No leilão A-5 de 2007 entraram 2 usinas a carvão, com 930 MW médios, a preços bem competitivos (615 MW a 125,05 R$/MWh no Ceará e 315 MW a 128,95 no Maranhão – CCEE, 2007).



T15 – Energia de fontes térmicas com contrato de 15 anos
H30 – Energia de fonte hídrica com contrato de 30 anos
OF15 – Energia de fontes alternativas com contrato de 15 anos
Fonte: Elaboração própria, baseado em CCEE (2007).
Figura 19 – Energia vendida nos leilões de expansão



Fonte: Elaboração própria, baseado em CCEE (2007).
Figura 20 – Preço da energia gerada nos leilões de expansão

Definido o contexto do funcionamento do sistema elétrico, passemos à análise do mecanismo dos leilões e sua possível aplicação à eficiência energética no Brasil.

2 LEILÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

2.1 Leilões e GLD

Ações pelo lado da demanda são bem diferentes das do lado da oferta, quando se pensa na expansão do sistema elétrico para atendimento do mercado. A Tabela 2 procura reunir os principais riscos, por fase de existência dos empreendimentos, para uma comparação sumária.

Tabela 2 – Comparação entre riscos em projetos pela oferta e demanda

Fase do empreendimento	Oferta	Demanda
Planejamento	Potencial de geração Impactos no meio-ambiente	Potencial de redução Aceitação pelos usuários
Implementação	Empreendedores interessados	Empreendedores interessados Instalações interessadas
Funcionamento	Disponibilidade de meio acionador (água, combustível, vento)	Eficácia das medidas Evolução do consumo-base

Fonte: Elaboração própria.

Quem assume estes riscos? Eles estão distribuídos entre os diversos agentes envolvidos: Governo, companhias de eletricidade, empreendedores e a sociedade. De alguma forma, vão compor o custo da energia expandida. Muitos não acreditam na eficiência energética como opção por ser atividade de alto risco[20]. Entender estes riscos, portanto, é uma tarefa necessária quando se pensa na alternativa da eficiência energética para atendimento da expansão do mercado.

Na fase de planejamento, no lado da oferta, os riscos estão associados ao potencial de geração vinculado à capacidade a ser instalada – água para as hidrelétricas, combustível para as termelétricas, material físsil para as nucleares, vento para as eólicas, etc. – e os impactos sócio-ambientais que a usina vai trazer. No lado da demanda, a avaliação de potencial é muito mais difícil, pois os dados são pulverizados por múltiplas instalações e dependem também do uso que se faz dos equipamentos[21]; outra dificuldade grande é estimar-se a parcela de usuários que se disporá, dentro do novo contexto que se criará de incentivos, melhor informação, maior confiança na eficiência energética, a adotar as medidas propostas. Para a implementação, em ambas as situações, é preciso que haja investidores e empreendedores interessados, porém no lado da demanda, novamente, é preciso também que os donos de instalações estejam dispostos a adotar as medidas. O risco principal na fase de funcionamento, no lado da oferta, é o da disponibilidade de "meio acionador" (água, combustível, vento e insolação), enquanto, no lado da demanda, há o chamado "risco de *performance*" quando, por questões de hábitos do consumidor ou avaliações imprecisas no diagnóstico, as medidas não apresentam o resultado esperado e, com maior grau, o risco da evolução do consumo-base ser diferente do previsto,

[20] Ver, por exemplo, a consideração de Pinhel (2006) sobre a questão na citação da página 80.
[21] Ver, por exemplo, a análise para motores elétricos de indução em Garcia (2003).

com mudanças de hábitos, perfil da empresa, qualidade da matéria-prima, "níveis de uso" (produção, taxa de ocupação, etc.).

Assim, o gerenciamento dos riscos é fundamental nas ações pelo lado da demanda. Neste item, busca-se discutir as diferenças de assunção destes riscos e como elas podem influenciar nos custos dos programas – leilões (DSB), por um lado, e outras ações de GLD, por outro.

Goldman e Kito (1995, p. 21) afirmam que:

> "[...] uma das características próprias dos programas de GLD via leilão é o seu esforço em alocar os riscos associados aos recursos de GLD de modo explícito entre a sociedade, desenvolvedores de GLD (ESCOs) e consumidores através de contratos assinados entre desenvolvedores e companhias de eletricidade. Ao contrário, a alocação de riscos nos mais tradicionais programas de GLD tende a ser menos bem definida, o que geralmente resulta na maior assunção dos riscos pela sociedade (*utility ratepayers*)."

Estes autores propõem a Tabela 3[22] para comparar os riscos nos programas a leilão e GLD (considerando, como exemplo, um caso de programas de descontos[23]):

Tabela 3 - Comparação dos programas quanto a riscos assumidos

	GLD	DSB
Riscos de desenvolvimento		
Instalação/comissionamento	Participantes	ESCO[a]
Penetração no mercado (agregado)	Companhia de eletricidade / sociedade	ESCO[a]
Riscos de desempenho		
Economias de energia		
Curto prazo	Sociedade / companhia de eletricidade	ESCO[a]
Longo prazo	Sociedade	ESCO[a]
Riscos de demanda	Sociedade	Sociedade

[a]ESCO ou responsável pelo projeto (desenvolvedor de GLD).
Fonte: Geller (2006a).

Os riscos de desenvolvimento são os da redução esperada não se materializar – por problemas na instalação e comissionamento (assumidos pelos próprios participantes no GLD[24] e pelas ESCOs no DSB) e pela disponibilidade de instalações em número suficiente: nos programas de GLD, a cargo das companhias de eletricidade, porém, a longo prazo, a manutenção das medidas não é suficientemente fixada em contrato, repassando o custo para a sociedade; em DSB, a responsabilidade é das ESCOs durante o prazo contratual.

---

[22] Geller (2006a, p. 7) propôs tabela semelhante, cujas diferenças serão mencionadas nos comentários a seguir.

[23] No Brasil, este tipo de programa também é conhecido pelo nome da língua inglesa – *rebates*. No PEE, foi descontinuado porque se concluiu que os equipamentos trocados não eram desativados, mas iam compor outra instalação – tipicamente, no setor residencial, eram doados a pessoas de menor renda (como exemplo típico, a empregada doméstica).

[24] Caso específico dos *rebates*. Quando a instalação é feita pela companhia de eletricidade ou ESCO contratada para tal, o risco é assumido por elas. No caso de contratos de *performance*, a situação pode se aproximar bastante da do leilão.

Os riscos de desempenho são os de que as reduções previstas se realizem e se mantenham ao longo do tempo – no GLD, o grau do risco depende de como o contrato é negociado entre a companhia de eletricidade e a PUC (no caso americano), havendo multas caso as reduções não se realizem, repartindo, assim, o risco entre a companhia e a sociedade. No DSB, os riscos de desempenho são firmados no contrato com as ESCOs. Além disso, as ações de M&V são mais severas, pois representam um pagamento, o que dá maior garantia da energia realmente economizada.

Os riscos de demanda referem-se à persistência da necessidade da expansão e dos custos marginais associados (por exemplo, os combustíveis podem baixar de preço). A sociedade os assume em ambos os casos.

Assim, nos programas de DSB muitos riscos são passados da companhia de eletricidade e sociedade para as ESCOs o que, se por um lado dá uma maior segurança das economias alcançadas, por outro faz aumentar o preço das medidas.

Jannuzzi e Swisher (1997, p. 58-66) adotam os testes propostos pelas agências reguladoras da Califórnia (CPUC e CEC, 2001) como critério para os programas de GLD, de uma maneira geral. Procuraremos adotar este método para analisar comparativamente a influência dos riscos nos leilões em oposição a outros programas de GLD.

2.1.1 O Teste do Participante

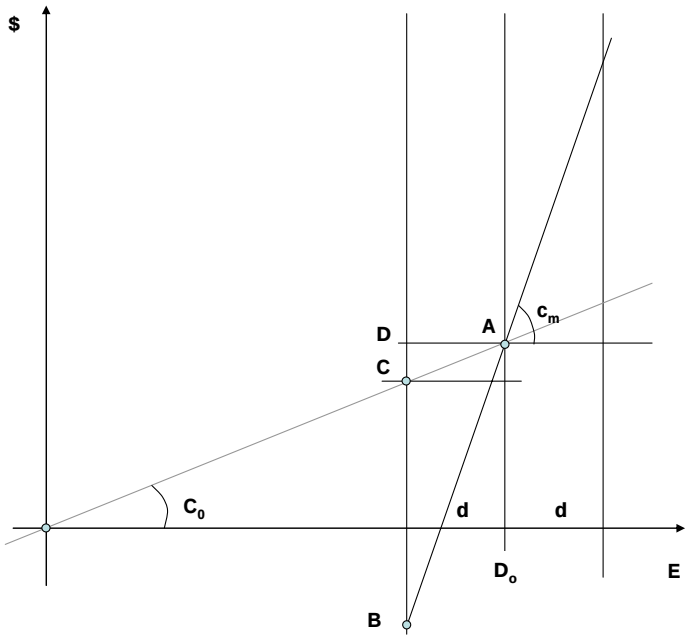
Neste teste, mede-se a vantagem de uma instalação em participar de um programa de GLD (JANNUZZI e SWISHER, 1997, p. 59). O teste será positivo se os benefícios vistos pelo dono da instalação (redução na conta de eletricidade, eventuais incentivos e reduções de impostos) forem maiores que os custos incorridos (equipamentos, eventuais horas paradas, custos de transação, manutenção e operação). No caso das propostas ao leilão, assim como em quaisquer contratos de *performance*, tanto benefícios quanto custos estão repartidos entre a ESCO e o dono da instalação, embora não de forma igualitária.

Para o eventual participante, a assunção dos riscos pela ESCO representa um incentivo à participação, pois trata-se de um parceiro, especialista no assunto, disposto a compartilhar estes riscos. Porém, isto pode se dar também nos contratos de *performance* – a grande alteração para o participante, na participação ao leilão, é a maior garantia quanto à energia economizada, já que as ações de M&V estão melhor estabelecidas. Isto é particularmente verdade para o caso do Brasil, onde não se tem ainda uma tradição em boas práticas de M&V – a formalização deste processo através de um arranjo institucional que dê maior confiabilidade às ações de M&V pode ajudar ao dono da instalação a perceber menos risco para aderir a uma medida de eficiência energética.

2.1.2 O Teste do Não-Participante

Também chamado de teste do impacto nas tarifas (*Rate Impact Measure – RIM*), este teste vê o programa de GLD pela ótica dos consumidores que não têm suas instalações modificadas pelo programa – ele será positivo se não causar maior aumento nas tarifas que as alternativas de oferta. Jannuzzi e Swisher (1997, p. 59) ponderam que "as tarifas praticadas pela companhia de eletricidade aumentarão se os benefícios para ela forem menores que os custos" do programa – os benefícios são os custos (marginais) evitados de oferta, incluindo o transporte da energia, e os custos são os do programa (incentivos pagos e custos administrativos) e a perda de receita com as vendas.

Os autores ilustram com uma figura (semelhante à Figura 21[25]), onde o ponto A representa a situação atual, o ponto B a situação a que se chegaria com medidas de eficiência energética sem custo, e o ponto C a situação limite para se contar com os custos das medidas sem representar aumento do custo médio atual.



Fonte: Elaboração própria, a partir de Jannuzzi e Swisher (1997, p. 60).
Figura 21 – Teste RIM

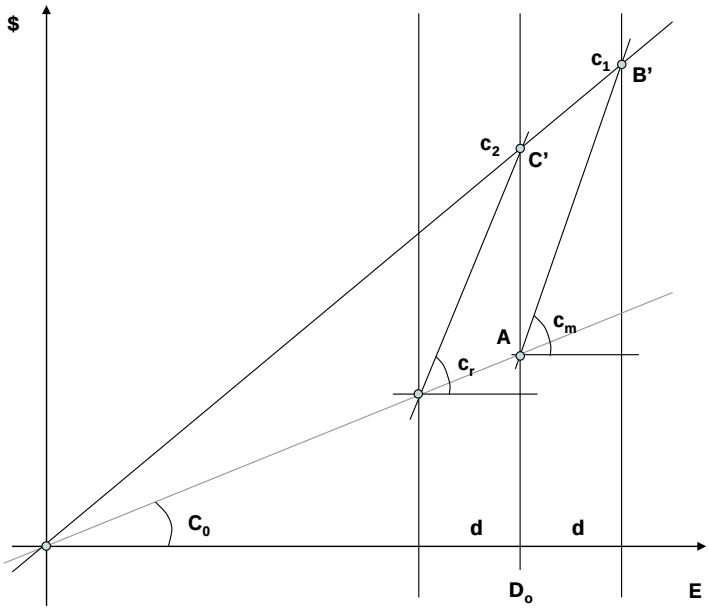
Depreende-se da figura que o custo máximo das medidas (BC) seria igual ao custo marginal de expansão (DB) menos o custo médio (DC). No caso atual brasileiro, usando-se números redondos, deduzidos do PDEE 2007/2016 (EPE, 2007) sem maior precisão, apenas para formar idéias, e considerando-se unicamente a geração, o custo médio está em cerca de 90 R$/MWh e o custo marginal de expansão em torno de 140 R$/MWh, o que indicaria um teto de 50 R$/MWh para o custo das medidas de eficiência energética, um valor que as limitaria bastante.

---

[25] Na figura, o ponto B ficou abaixo do eixo das abcissas pela construção, que visou ressaltar os pontos relevantes; embora inverossímil, isto não prejudica o entendimento do exposto.

Há contestações quanto à justeza deste teste – Geller (2006, p. 4), considera que já que se "cobra de todos os consumidores [...] o custo de novas usinas, [...] participantes ou não participantes da necessidade da expansão do sistema, [...] é justo para todos os consumidores pagar pelos investimentos da concessionária em recursos em eficiência energética". Pode-se considerar ainda que há redução nos impactos ambientais e aumento de impacto social positivo nas medidas de eficiência energética, justificando a paridade de critérios.

De toda sorte, pode-se fazer ainda uma outra análise do problema, considerando-se as duas situações alternativas para atender à expansão do mercado: através de nova geração (chamada de c_1) ou de redução por medidas de eficiência energética (c_2), representadas na Figura 22. Na primeira situação, é adicionado um valor *d* de nova geração a partir da demanda atual D_0 a um custo marginal c_m, saindo-se do ponto A para o ponto B'. Na segunda situação, reduz-se *d* de energia a um custo c_r, que será consumida pelo aumento requerido retornando-se à demanda atual D_0, agora, no limite, representado pelo ponto C'.



Fonte: Elaboração própria.
Figura 22 – Teste RIM (análise alternativa)

Pode-se deduzir que:

$$c_1 = \frac{C_0 D_0 + c_m d}{D_0 + d} \quad \text{..... Equação 1}$$

$$c_2 = \frac{C_0 \left(D_0 - d \right) + c_r d}{D_0} \quad \text{..... Equação 2}$$

E na situação limite, fazendo-se $c_1 = c_2$, resulta:

$$c_r = \frac{c_m D_0 + C_0 d}{D_0 + d} \quad \text{..... Equação 3}$$

Onde, nas 3 equações:

c_1	Custo específico final com nova geração	R$/MWh
c_2	Custo específico final com eficiência energética	R$/MWh
c_r	Custo específico de eficiência energética	R$/MWh
c_m	Custo marginal de expansão	R$/MWh
C_0	Custo específico médio atual	R$/MWh
D_0	Consumo médio atual	MWmed
d	Expansão requerida	MWmed

Se considerarmos, nas mesmas condições acima, um consumo médio de 50 GW e uma expansão necessária de 1 GW, o custo máximo das medidas de eficiência energética estaria em R$139,02, apenas um pouco abaixo do custo marginal de expansão.

Para melhor visualização da questão, consideremos 3 grupos de consumidores: A, onde poderão ser aplicadas as medidas de eficiência energética; B, que terão ampliada sua instalação e C, cujo consumo não se alterará. A Tabela 4 mostra a situação atual e a atingida após a aplicação de ambas as alternativas.

Tabela 4 – Comparação ampliação x eficiência energética

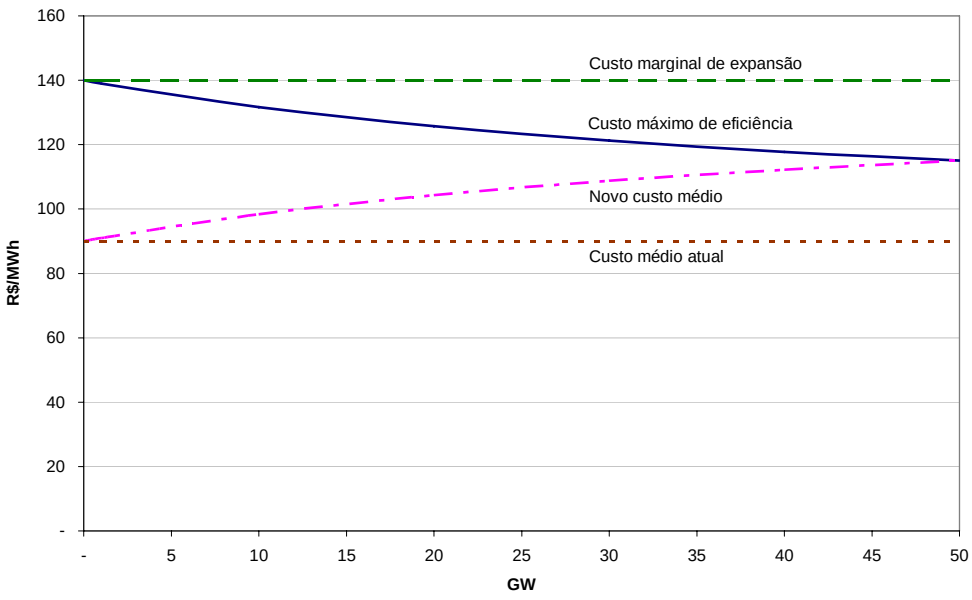
Consumidores		Situação atual	Expansão	Exp/SA*	GLD	GLD/SA
A	MW	20.000	20.000	0%	19.000	-5%
	R$	1.800.000	1.819.608	1%	1.728.627	-4%
B	MW	20.000	21.000	5%	21.000	5%
	R$	1.800.000	1.910.588	6%	1.910.588	6%
C	MW	10.000	10.000	0%	10.000	0%
	R$	900.000	909.804	1%	909.804	1%
Total	MW	50.000	51.000	2%	50.000	0%
	R$	4.500.000	4.640.000	3%	4.549.020	1%
Custo energia	R$/MWh	90	91	1%	91	1%

* Exp/SA: Expansão / Situação Atual

Fonte: Elaboração própria.

A tabela mostra que os consumidores B e C, que expandem a capacidade e que não a alteram, não são afetados pela escolha da alternativa. A sociedade tem uma redução significativa de custo e, na verdade, o mais prejudicado é justamente o consumidor A, que implantou as medidas, já que reduziu o consumo mais do que a conta de energia (em termos relativos). É preciso notar que este custo das medidas de eficiência energética incluem as perdas da companhia de eletricidade com a queda (ou não aumento) nas vendas, o que a faz se interessar pelo projeto.

Variando-se a energia necessária para expansão, o custo máximo de eficiência varia desde o custo marginal de expansão (caso mais provável, em que a expansão requerida é muito menor que a capacidade instalada) até a média entre os custos marginal e médio, como mostra a Figura 23, o que, nas premissas adotadas acima, significa um valor entre 115 e 140 R$/MWh, bem acima dos 50 R$/MWh da análise anterior.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 23 – Variação do custo máximo de eficiência com a expansão requerida

Para o não participante, o risco é bem menor nos projetos ao leilão, contra os de GLD, porque há garantia da energia economizada através de M&V mais severa. No caso do Brasil, isto é particularmente verdade porque, embora o atual PEE seja cobrado a todos, as garantias de economia praticamente não existem.

2.1.3 Teste do Custo Total do Recurso (CTR)

Este é o teste mais utilizado na avaliação de um programa de eficiência energética, afirmam Jannuzzi e Swisher (1997, p. 62), onde se consideram os benefícios e custos totais para a sociedade, incluindo todos os agentes – neste caso, os benefícios ainda são os custos evitados de oferta, porém os custos são os das companhias de eletricidade e dos participantes. Os autores chamam a atenção para a independência entre os testes CTR e RIM.

Este custo só pode ser percebido por avaliação específica, já que o programa é visto por diferentes óticas pelos diversos agentes, como mostrado acima. Aparentemente, não há razão para que o risco do custo para a sociedade ser maior na demanda seja maior nos projetos ao leilão ou nos demais de GLD, a não ser o interesse das ESCOs em reduzir as ofertas para vencer o leilão, e, portanto, pressione o participante para assumir uma parcela maior dos custos[26]. No entanto, pode-se argumentar que o participante possa assumir também uma parcela maior para aproveitar uma oportunidade em um programa de descontos, por exemplo.

Há dois outros riscos corridos pela sociedade que merecem atenção: em primeiro lugar, que a energia estimada para redução não seja atingida, gerando uma eventual falta, e que o

[26] Assim, o preço "aparente" ao leilão seria baixo, quando o custo total, oculto, englobando a cota do participante, poderia ultrapassar o custo marginal de expansão.

potencial econômico de eficiência energética não seja explorado, gerando uma ineficiência do sistema. Quanto ao primeiro aspecto, o risco é transferido às ESCOs nos programas a leilão, enquanto a sociedade acaba assumindo os de GLD, na medida em que acaba pagando por usinas emergenciais ou racionamento. No segundo caso, embora a sociedade assuma a grande parte deste risco (que realmente ocorre), os programas a leilão abrem um novo mercado às ESCOs, que correm o risco de não explorá-lo.

O Teste dos Custos Sociais é uma variação do CTR onde são levados em conta fatores não econômicos como aspectos ambientais e sociais.

2.1.4 Teste do Custo para a Companhia de Eletricidade

Este teste compara também os benefícios advindos dos custos evitados de geração com os custos exclusivos da companhia de eletricidade, ignorando a parcela do consumidor. É, portanto, menos rigoroso que o CTR e enxerga o programa somente do ponto de vista da companhia de eletricidade.

A companhia de eletricidade corre dois riscos: o do custo do programa ser maior que o planejado, e não cumprir as metas de redução estabelecidas, sendo eventualmente punida pelo agente regulador. Nos programas a leilão o risco do custo é repassado às ESCOs, uma vez fixado um valor teto. Uma parte dos riscos de se atingir as metas de redução também é repassado, a partir do momento em que o leilão teve sucesso.

A análise dos testes de custo, portanto, confirma que nos programas a leilão uma boa parte dos riscos é assumida pelas ESCOs, sendo por isto remuneradas, o que justificaria um preço maior para a energia economizada (como um prêmio de risco), em relação aos outros programas de GLD, onde o risco seria repartido pela sociedade.

2.2 Teoria dos Leilões

Embora os leilões não sejam uma idéia nova[27], seu uso cresceu sobremaneira nas duas últimas décadas, principalmente nos novos mercados de concessão de telefones celulares, eletricidade, venda de empresas estatais, licenças de exploração (por exemplo, petróleo) e outras concessões. Embora seja uma forma de dar transparência a processos de venda (como firmas estatais) e ajudar a encontrar preços justos, há notícias de alguns muito bem sucedidos, mas também de "notáveis fiascos" (KLEMPERER, 2004, p. 4). Diz este autor que "o ponto mais importante é que tudo depende do contexto. Um bom leilão precisa ser feito sob medida para os detalhes específicos de cada situação, e também refletir as circunstâncias econômicas mais amplas" (*ibidem*, p. 4).

---

[27] Os babilônios leiloavam esposas, os gregos antigos concessão de minas e os romanos escravos, espólios de guerra, etc. e até o império todo, vendido em 193 d.C. pelos Guardas Pretorianos (KLEMPERER, 2004, p. 1 e 15).

As questões principais do leilão são encorajar a entrada de todos os possíveis licitantes e evitar a colusão[28]. Considera-se que há quatro tipos básicos de leilão (os abertos, de **preço ascendente**, chamado de "inglês", o de **preço descendente** - "holandês" ou "alemão", e os fechados – ditos de lance selado ou envelope fechado – de **primeiro preço** ou **segundo preço**) e muitas variações, que serão discutidas adiante. Demonstra-se que, segundo premissas bem definidas – ver item 2.2.1.3 – estes tipos são equivalentes. Levantando-se, porém, cada premissa destas, a situação se altera em favor de um ou outro tipo. Cada licitante tem um valor máximo a ofertar[29], uma avaliação de quanto vale o objeto leiloado e de quanto os outros licitantes ofertarão, além de uma estratégia de atuação. Portanto, o resultado do leilão (quem vence e que preço paga) é fortemente influenciado pelas informações disponíveis pelos licitantes.

Este capítulo não pretende determinar o tipo ideal para o Leilão de Eficiência Energética no Brasil, por ser tarefa altamente especializada, além do escopo desta tese. Procura apenas, à luz da teoria captada (brevemente exposta), delinear as condições de contorno que subsidiariam um estudo experto.

2.2.1 Tipos de leilão

2.2.1.1 Classificação dos leilões

Quanto às suas características, os leilões podem ser classificados em (DURÃES, 1997):

- Exposição dos lances { aberto / fechado }
- Preço final { uniforme / múltiplo }
- Avaliação { subjetiva (privada) / objetiva (comum) }

Nos leilões abertos, os lances são propostos publicamente, portanto todos os licitantes têm acesso aos lances propostos por todos. Nos leilões fechados, as ofertas são feitas em envelopes fechados, sendo, portanto, do conhecimento apenas do leiloeiro e de cada licitante.

Nos leilões de preço uniforme, onde mais de uma unidade é posta à venda, os licitantes ganhadores pagam o mesmo preço – o preço mínimo que aloca todos os bens vendidos (DURÃES, 1997, p. 3). Nos de preço múltiplo, cada licitante paga o valor ofertado.

---

[28] No sentido de "dolo das partes que litigam, simuladamente ou não, com o fim de enganar o juiz ou em prejuízo de terceiros" (HOUAISS, 2006).

[29] Há leilões de venda e de compra. Embora o caso da Eficiência Energética seja um leilão de compra, o mais comum é a análise supondo leilão de venda, sendo as duas formalmente iguais (KLEMPERER, 2004, p. 15).

Quando a avaliação é subjetiva, ou privada, cada licitante tem uma avaliação diferente sobre o bem licitado, independente das dos demais[30]. No caso da avaliação objetiva, há um valor comum para todos, porém as avaliações individuais podem ser diferentes (por exemplo, numa exploração de petróleo pode haver diferentes informações das reservas).

No caso dos leilões de eficiência energética, leilões abertos provavelmente inibiriam as pequenas ESCOs. Preços uniformes poderiam ser usados se o leilão fosse dividido por uso final, com boa homogeneidade das medidas ofertadas. Quanto à avaliação do bem, como se tratam de medidas diversas (mesmo que se trate somente de iluminação, por exemplo, trocar lâmpadas é bem diferente de troca de reatores ou eficientização de luminárias), o modelo se aproxima mais de avaliação privada do bem.

2.2.1.2 Tipos básicos de leilão

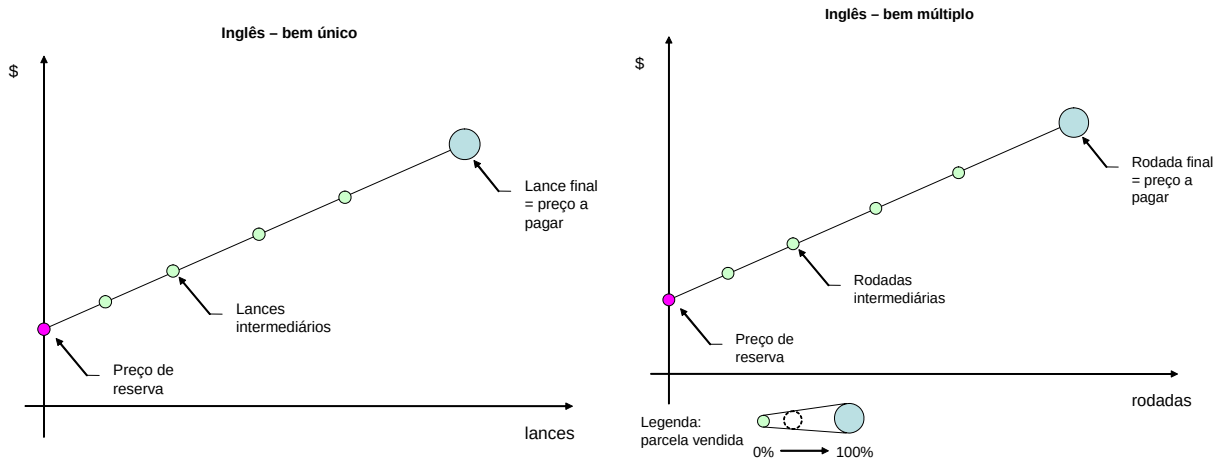
Há quatro tipos considerados básicos de leilão, como comentado em 2.2.1.

2.2.1.2.1 Leilão de preço ascendente ou inglês

Este é um leilão aberto, de preço uniforme, sendo a forma mais utilizada para a venda de bens (DURÃES, 1997, p. 3-4). Sua sistemática é a seguinte:

- **Bem único**: o leiloeiro estabelece um preço de reserva, inicial, abaixo do qual a venda não é efetuada. A partir deste preço, os lances vão se sucedendo, com conhecimento de todos, até que nenhum participante proponha uma oferta maior, vencendo aquele que propôs a última oferta, cujo valor pagará (Figura 24).
- **Bens múltiplos**: faz-se uma primeira coleta de ofertas ao preço inicial; se a quantidade total ofertada for superior à disponível, eleva-se o preço e faz-se nova coleta, e assim sucessivamente até que as quantidades se igualem. Todos pagarão o preço de equilíbrio.

[30] Caso típico dos leilões de objetos de arte para desfrute próprio. O conhecimento das avaliações dos concorrentes não interfere na avaliação própria de cada um. Modelos mais genéricos supõem um grau de interferência de "0 a 1".

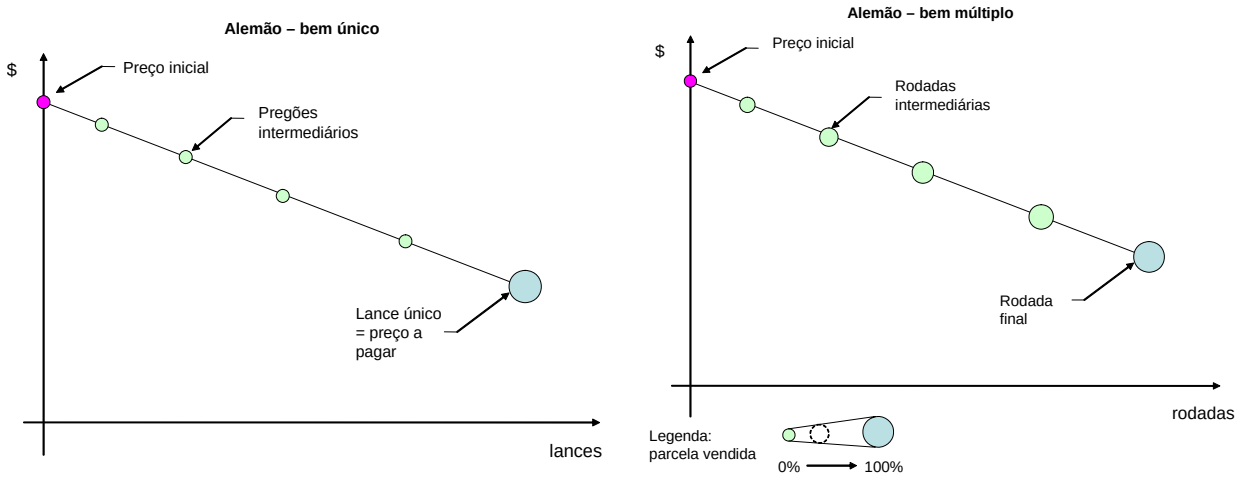


Fonte: Elaboração própria.
Figura 24 – Leilão inglês

2.2.1.2.2 Leilão de preço descendente ou alemão

É também conhecido como holandês, por ser usado nesse país para comercialização de flores (DURÃES, 1997, p. 4). É também um leilão aberto, porém de preços múltiplos. A sistemática é inversa ao primeiro:

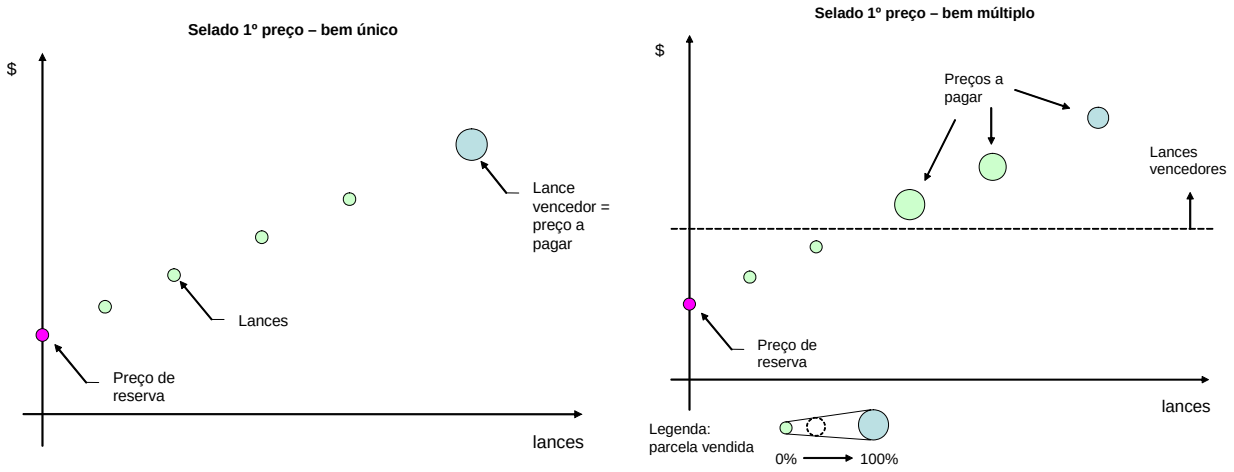
- **Bem único**: o leiloeiro estabelece um preço alto, inicial, acima de sua melhor expectativa. Valores menores são apregoados até que algum participante se manifeste, levando o bem pelo lance ofertado (Figura 25).
- **Bens múltiplos**: faz-se uma primeira coleta de ofertas ao preço inicial; as unidades ofertadas são vendidas a este preço e o restante é ofertado em novo lance, com um valor inferior, até que se esgote o estoque disponível.



Fonte: Elaboração própria.
Figura 25 – Leilão alemão

2.2.1.2.3 Leilão de lance selado de primeiro preço

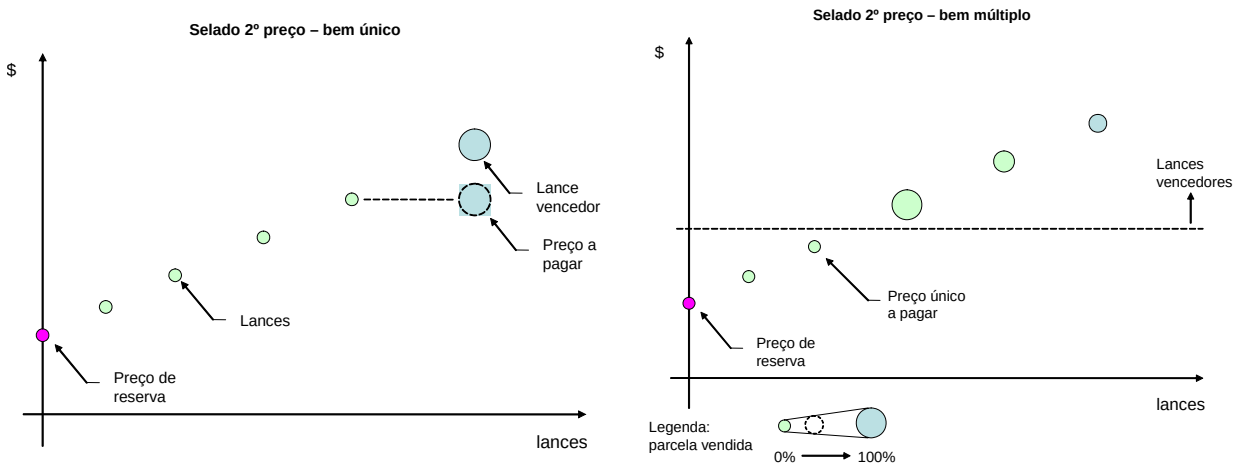
Também chamado de **discriminatório** quando bens múltiplos são leiloados, segundo Durães (1997, p. 5), os lances são feitos em envelopes fechados, portanto cada lance só é conhecido pelo próprio oferente. Os envelopes são abertos, em geral na presença de todos, e vence o leilão quem tiver ofertado o maior preço, pagando-o pelo bem, no caso de bem único. Quando o bem são unidades múltiplas homogêneas, classificam-se as propostas em ordem decrescente de preço, vencendo o leilão as mais altas até a quantidade ofertada ser exaurida.



Fonte: Elaboração própria.
Figura 26 – Leilão selado de 1º preço

2.2.1.2.4 Leilão de lance selado de segundo preço

Este leilão é fechado, de preço uniforme, pois, no caso de bem múltiplo, todos pagam o preço da proposta rejeitada mais alta (Figura 27). Quando o bem é único, vence o participante que oferecer a proposta mais alta, pagando o preço da segunda melhor proposta. Quando o bem é múltiplo, os vencedores são aqueles que apresentarem os mais altos preços até a quantidade ofertada ser preenchida.



Fonte: Elaboração própria.
Figura 27 – Leilão selado de 2º preço

2.2.1.3 Equivalências entre os tipos básicos

Observa-se que o leilão holandês é equivalente ao selado de 1º preço, pois os vencedores pagam o lance ofertado, não podem mudar de estratégia durante o jogo e vence quem tem a maior avaliação do bem. Já o leilão inglês é dito equivalente ao selado de 2º preço, onde os vencedores pagam o 2º melhor preço ofertado (no inglês, o último competidor desiste quando a oferta atinge a sua valoração, que será o preço a ser pago pelo vencedor) e a estratégia ótima para cada licitante é ofertar a sua valoração do bem (KLEMPERER, 2004, p. 14).

Pelo "Teorema da Receita Equivalente", os tipos básicos produzem o mesmo resultado (mesma receita esperada pelo vendedor), quando observadas as seguintes condições:

- O objeto é um único bem indivisível
- Os licitantes são indiferentes ao risco
- Os licitantes têm uma avaliação independente do bem ofertado
- O jogo é simétrico

No entanto, quando se levantam algumas destas hipóteses, alguns tipos podem ser mais favoráveis que outros. Quando os licitantes têm aversão ao risco, nos leilões de 2º preço ou ascendente, não há mudança de estratégia, que continua a ser ofertar a sua própria avaliação do bem, ressalta Klemperer (2004, p. 19). Já nos de 1º preço ou descendente, os oferentes com aversão ao risco tendem a aumentar suas ofertas pelo temor de perder o bem, mesmo à custa de ver diminuída a sua utilidade. Assim, esses tipos de leilão são preferidos por leiloeiros indiferentes ao risco frente a licitantes avessos. É de se esperar que ESCOs sejam avessas ao risco, principalmente as de menor capital, na medida em que o leilão se mostrar o principal mercado para seus serviços.

No caso das avaliações serem correlacionadas ou afiliadas[31], Klemperer (2004, p. 21) conclui que os leilões ascendentes levam a preços esperados maiores que os de 2º preço[32] selados, e estes maiores que os de 1º preço. Isto parece justificar a adoção do leilão inglês em 75% dos casos (CASSADY, 1967 *apud* REZENDE, 1997) e sugerir que, no caso de leilões selados com suspeita de afiliação de valorações, seja adotado o de 2º preço. O mecanismo de leilão de eficiência energética, em especial em seu estágio inicial, na medida em que a oferta ao leilão é apenas um incentivo para a implantação da medida (espera-se que a maior parte da remuneração do investimento advenha da própria economia de energia proporcionada), deve proporcionar uma grande afiliação de avaliações, até que os agentes consigam "calibrar" as suas ofertas.

Nos leilões com bens divisíveis (*auction of shares*), um determinado volume fixo de um bem é leiloado, mas os compradores podem escolher a fração desejada para oferta (REZENDE, 1997, p. 28). Este modelo parece ser o que mais se aplicaria ao caso da oferta de eficiência energética, já que um dado projeto de eficiência energética economizará um volume determinado de energia, em geral menor do que o sistema pretende contratar. Uma das perguntas que se apresentam é: do ponto de vista do vendedor, é preferível leiloar a unidade inteira ou frações? Do ponto de vista do mercado de eficiência, o leilão da unidade inteira (toda a energia a economizar) tenderia a expulsar as pequenas ESCOs do mercado, eliminando a concorrência. Porém, do ponto de vista do resultado para o sistema e a sociedade, isto é, do vendedor, o leilão com demanda unitária é preferível pois, com bens divisíveis, "existem equilíbrios com preços tão baixos (no caso, altos) quanto se deseje" (REZENDE, 1997, p. 31). Outra questão é relativa ao tipo, se de preço uniforme (equivalente ao de 2º preço para bem único), ou discriminatório (1º preço para bem único). Na presença de afiliação, o resultado acima prevalece – o de preço uniforme dá retornos superiores. Além disso, argumenta Rezende (1997, p. 34-35):

> (...) no leilão de segundo preço, as informações necessárias para se participar de um leilão são menores (de fato, uma estratégia dominante é simplesmente se apostar a própria valoração) do que num leilão de primeiro preço (cuja estratégia no equilíbrio exige cálculos complicados sobre a distribuição das estimativas dos outros agentes). No mundo real, onde informação e habilidade de cálculo são bens escassos, a regra discriminatória tende a afugentar instituições menos preparadas. A adoção de leilões uniformes facilita a participação de um maior número de agentes e com isso torna o mercado mais competitivo (do lado da demanda).

Outra hipótese a ser levantada é a de simetria. Quando as valorações do bem são privadas, Klemperer (2004, p. 22) mostra que a tendência, para um leilão que vise maximizar o retorno, é um viés em favor de oferentes com curvas de distribuição mais baixas, ou seja, ofe-

---

[31] Valores altos para algumas das variáveis fazem as outras variáveis serem provavelmente maiores (MILGROM e WEBER, 1982, *apud* Rezende, 1997).

[32] "Isso ocorre porque, no leilão inglês, os compradores observam ao longo do leilão as estratégias adotadas pelos adversários, podendo inferir delas suas estimativas, e com isso reavaliar mais precisamente o bem" (REZENDE, 1997, p. 24).

rentes "fracos". Neste caso, os leilões de 1º preço favorecem mais estes licitantes. Assim, oferentes "fortes" preferem os de 2º preço, enquanto os "fracos" preferem os de 1º preço, o que pode ser importante para atrair mais licitantes para o leilão, no caso do leilão de eficiência energética. No caso de "valores quase comuns", uma pequena vantagem (por exemplo, um valor privado pouco maior) pode se transformar numa grande vantagem num leilão ascendente – neste caso, o de 1º preço é o mais indicado para o leiloeiro.

2.2.2 Outros aspectos do leilão

Klemperer, em seu "Leilões – Teoria e Prática" (2004), após introduzir a teoria dos leilões e estudar suas inter-relações com outras áreas da economia, intitula um capítulo com "O que realmente importa em projetos de leilão"[33] e conclui: "são as mesmas questões que qualquer regulador reconheceria como preocupações chave: desencorajar o conluio, o impedimento à entrada e o comportamento predatório". E acrescenta: "muito da extensa literatura sobre leilões é de importância secundária para um projeto prático de leilão" (Klemperer, 2004, p. 104). Este item aborda estas questões.

2.2.2.1 Colusão

Este termo está empregado no sentido descrito na nota de rodapé 28: "dolo das partes que litigam, simuladamente ou não, com o fim de enganar o juiz ou em prejuízo de terceiros" (HOUAISS, 2006). Está-se falando de acordos entre os licitantes, no sentido de burlar a concorrência e garantir lotes ou preços para este ou aquele oferente. Os leilões abertos ascendentes são particularmente suscetíveis a esta prática, que pode se dar de forma explícita ou tácita. Klemperer cita vários exemplos reais de acordos feitos entre empresas durante os lances de um leilão, sinalizando o interesse por determinado lote, ou "punindo" uma empresa por interferir em lote de interesse de outra. Esta prática pode ser particularmente importante nos leilões repetitivos, como venda de energia elétrica por geradores a distribuidores[34]. Tentar contornar isto através de regulamentação pode restringir a flexibilidade dos oferentes e gerar ineficiências no processo, sem ser plenamente bem sucedido – é melhor resolver com um bom projeto de leilão.

Esta é uma tendência que pode ser marcante no leilão de eficiência energética, principalmente da parte de maiores ESCOs ou aquelas que primeiro dominarem as técnicas do leilão. Será preciso um processo prévio de divulgação e treinamento entre as ESCOs, de maneira que todas se sintam à vontade quanto à elaboração de projetos e ofertas ao leilão, bem como o que poderá ocorrer no processo do leilão.

---

[33] Capítulo 3: "What Really Matters in Auction Design", *in* "Auctions: Theory and Practice" (Paul Klemperer, 2004).

[34] "Bem longe de ser a história de sucesso alardeada pelo mundo afora, a história do mercado de geração do Reino Unido e o desenvolvimento de competição tem sido alguma coisa próxima a um desastre" (Power U.K., issue 66, 31 Aug 1999, p. 14, *apud* Klemperer, 2004, p. 106).

2.2.2.2 Impedimento à entrada e prática predatória

A segunda maior questão de um leilão é atrair oferentes, já que um pequeno número deles pode torná-lo não lucrativo e ineficiente. Também aqui os leilões ascendentes são os mais vulneráveis, embora outros tipos o possam ser pelos altos custos de entrada ou grandes assimetrias entre os licitantes.

As empresas que já ganharam leilões semelhantes ou que já têm algum vínculo com o que está sendo leiloado (por exemplo, término de uma concessão) têm nítida vantagem e podem desencorajar a entrada de concorrentes, ou limitar sua agressividade.

Um fator que pode abaixar as ofertas é a chamada "maldição do vencedor", que acontece em leilões com valoração comum – como as ofertas devem se distribuir ao redor da média, que deve ser uma boa estimativa do valor real, o vencedor, ao ter a mais alta estimativa, superestimou o bem e, portanto, reduziu o seu ganho ou teve até prejuízo. Na prática, o conhecimento deste fenômeno faz os oferentes agirem cautelosamente baixando suas ofertas, reduzindo o valor do prêmio. As firmas "fracas" o fazem de maneira mais vigorosa, pois sabem que provavelmente só vencerão se superestimarem o bem mais que o usual, o que favorece ainda mais as empresas com vantagem inicial.

Estas práticas também podem afetar o leilão de eficiência energética – pode haver uma tendência de poucas ESCOs, no início do mecanismo, enxergarem o leilão como oportunidade de negócio, dominarem o processo e estabelecer barreira à entrada das demais.

2.2.2.3 Preço de reserva

Preços de reserva (valores iniciais de oferta, abaixo dos quais o bem não é vendido) inadequados facilitam as práticas predatórias (acabar o leilão com um preço baixo, com uma colusão tácita, praticado por uma firma que pareça "dominar" o mercado), bem como as chances de colusão, por troca de sinais entre os oferentes durante os lances iniciais.

O estudo de Goldman e Kito (1995) aponta práticas diferentes por parte das companhias de eletricidade americanas no estabelecimento do preço de reserva – algumas utilizaram o custo evitado de nova geração, outras o custo de determinada medida de eficiência energética (por exemplo, iluminação) em outros mecanismos de promoção de eficiência. Afirmam os autores, entretanto, que o preço-teto tem nítida influência sobre o resultado do leilão.

2.2.2.4 Problemas políticos

A não venda do bem pode ser encarada como um fracasso maior que uma venda inadequada, o que pode forçar o preço de reserva para baixo. O leilão de 1º preço, selado, com apenas uma oferta, pode resultar em valores aparentemente absurdos, causando situações cons-

trangedoras[35]. O custo marginal de expansão do sistema elétrico parece ser um limitador absoluto para o leilão de eficiência energética – no *workshop* do dia 7 dez.2006, promovido pela EPE (EPE, 2006e), pareceu, à primeira vista, haver um sentimento geral de algo em torno de 80% daquele custo como limite máximo para as medidas de eficiência.

2.2.2.5 Falhas no projeto

Penalidades não previstas por desistência de oferta feita, por exemplo, podem causar fracassos de leilão, assim como regras específicas que podem ser usadas indevidamente pelos licitantes. As medidas de eficiência energética, como são sujeitas a diversos riscos, devem ter penalidades adequadas (se altas demais podem estabelecer barreira à entrada) previstas, de modo a não prejudicar a expansão do sistema e a perda de confiabilidade no processo.

2.2.2.6 Credibilidade nas regras

Evidentemente fundamental para o sucesso do leilão, deve-se ter cuidado no estabelecimento das multas para não causar barreiras à entrada, como comentado acima. Outro cuidado a ser tomado é quando o resultado do leilão, como uma concessão, será estendido a um período em outro governo, ou em contexto onde o seu exercício pode sofrer alteração. As medidas de eficiência energética são suscetíveis às transformações por que passam a empresa dona da instalação – mercado, matéria-prima, fornecedores, escopo de produção, etc. Assim, deve-se prever o máximo de situações possível e respectivas correções.

2.2.2.7 Estrutura de mercado

Se o resultado do leilão tiver um impacto importante sobre a estrutura de mercado dos oferentes, é necessário cuidado para criar algo do interesse da sociedade e não dos lucros dos licitantes. Junções das principais firmas, por exemplo, podem criar monopólios ou construir barreiras à entrada de competidores menores. No caso do leilão de eficiência energética, de alguma forma, uma parcela da energia economizada poderia ser reservada a pequenas ESCOs atuando em pequenas empresas (se o leilão for considerado adequado para atingir este mercado).

2.2.3 Vulnerabilidade dos tipos básicos de leilão

A Tabela 5 busca resumir a vulnerabilidade dos tipos básicos de leilão em relação a práticas que podem causar ineficiência ao processo, como comentado acima.

Tabela 5 – Vulnerabilidade dos tipos básicos de leilão

Tipo / característica	Colusão	Barreiras à entrada	Práticas predatórias	Estrutura de mercado
Aberto ascendente	– –	– –	– –	– –

[35] Klemperer (2004, p. 110) cita o caso da privatização do BANESPA, onde o Santander ofertou R$7 bilhões, mais de 3 vezes a segunda oferta, sinalizando que o preço reserva estava realmente muito baixo.

Tipo / característica	Colusão	Barreiras à entrada	Práticas pre-datórias	Estrutura de mercado
Aberto descendente	+	–	–	–
Selado 1º preço	+	+	+	+
Selado 2º preço	–	–	–	–

- - : forte vulnerabilidade
- : fraca vulnerabilidade
+ : fraca resistência
++ : forte resistência

Fonte: Elaboração própria.

2.2.4 Tipos especiais de leilão

Alguns tipos específicos merecem comentários, pela sua potencial aplicação aos leilões de eficiência energética.

2.2.4.1 Leilão de quantidades endógenas

Este modelo foi desenvolvido por Hansen (1988 *apud* Rezende, 1997, p. 28) e nele os participantes submetem os preços e o leiloeiro, após conhecer os lances, decide que volume deseja negociar. Este pode ser um bom modelo para os leilões de eficiência, principalmente enquanto não se conseguir estimar o volume a ser ofertado. Neste caso, o leilão de primeiro preço conduz a preços melhores para o leiloeiro, pois uma melhor oferta (no caso, mais baixa) aumenta não só a probabilidade de vencer como a quantidade a ser negociada.

2.2.4.2 Leilões não competitivos

Durães (1997, p. 6) cita a prática de "diversos países de usar leilões não competitivos concomitantemente aos leilões competitivos". Neste caso, os licitantes pagam o preço médio verificado no leilão competitivo. No caso do leilão de eficiência, poder-se-ia pensar em algo semelhante para as pequenas ESCOs, talvez com um preço determinado por uso final contemplado (iluminação, força motriz, etc.).

2.2.4.3 Leilões por qualidade e preço

Klemperer (2004, p. 34) cita estudos sobre leilões nos quais as firmas ofertam em qualidade e preço num leilão de aquisição. Neste caso, o leiloeiro usa um sistema de pontuação (*scoring rule*) para avaliar as propostas. Afirma o autor que "não há surpresa que o teorema da equivalência da receita se aplique, por exemplo, entre "primeiro placar" e "segundo placar" tipos de leilão. O estudo de Che (1993 *apud* Klemperer, 2004) mostra que é ótimo para o leiloeiro estabelecer um sistema de pontuação que sub-premie a qualidade relativamente à sua real (*ex-post*) preferência. Este tipo de leilão foi aplicado em DSB nos EUA pela XCel Energy (ver item 3.1.8.2) e parece ser um modelo também adequado para o caso brasileiro. Trata-se, na verdade, de um leilão comum onde o preço não é simplesmente um valor monetário, mas uma combinação de qualidade e preço, representado e ponderado pelo sistema de pontuação.

2.3 Leilões de Eficiência Energética no Brasil

Cabe agora analisar mais detalhadamente, à luz do que foi discutido no item anterior, as características do que seria o leilão de eficiência energética no Brasil.

Em primeiro lugar, não está claro que deva haver leilão, no sentido estrito do termo. No caso da eficiência energética, só há sentido no leilão se houver mais ofertas que a demanda requerida, para se escolher as melhores – quando bem realizado, como se viu, desperta o interesse de todos os potenciais oferentes, evita as práticas contra a concorrência leal e seleciona os projetos com melhores ganhos para a sociedade. No caso da eficiência energética, em especial o brasileiro, o que se deseja é estimular todas as propostas que possam usar de forma mais eficiente a energia, ou que sejam mais vantajosas, considerando-se os aspectos econômico, ambiental, técnico e social, do que expandir o sistema energético. Como as projeções indicam necessidades de expansão em torno de 3 GW médios anuais, bem acima do previsto para a eficiência[36], mesmo considerando esta projeção bastante conservadora, a expansão não seria atingida somente com medidas de uso mais eficiente. Neste ponto de vista, não haveria necessidade de leilão, podendo-se aceitar todas as medidas propostas, desde que qualificadas e com custo abaixo do da expansão.

No entanto, pode-se argumentar que o risco percebido pela sociedade da eficácia das medidas de eficiência energética é muito maior que o de novas usinas, e que, portanto, ela não estaria disposta a aceitar mais do que uma parcela do volume necessário de expansão com medidas de eficiência, digamos, 20%. Neste caso, a depender do volume de ofertas que se apresentariam, um leilão seria adequado para a seleção, por várias razões: mais uma vez, leilões bem formatados têm boa chance de sucesso com baixo custo de transação; a expansão do sistema é feita por esse mecanismo (inclusive com variantes, como, por exemplo, o leilão de fontes alternativas), já existindo uma estrutura para sua realização e cultura do processo; o sistema, de alguma forma parecida, já funciona em outras partes do mundo.

Outra questão que se poderia levantar, neste passo, é por que não se permitir, já que as medidas de eficiência energética são na verdade usinas, ainda que virtuais, a sua participação nos leilões comuns de expansão? Chega-se, assim, às 3 alternativas formuladas por Tolmasquim (EPE, 2006), que apresentaremos no item a seguir.

2.3.1 Alternativas do Leilão de Eficiência no Brasil

No *workshop* sobre Leilão de Eficiência Energética no Brasil promovido pela EPE em 7 dez.2006 (EPE, 2006e), Tolmasquim (2006) sugeriu 3 alternativas para este mecanismo.

---

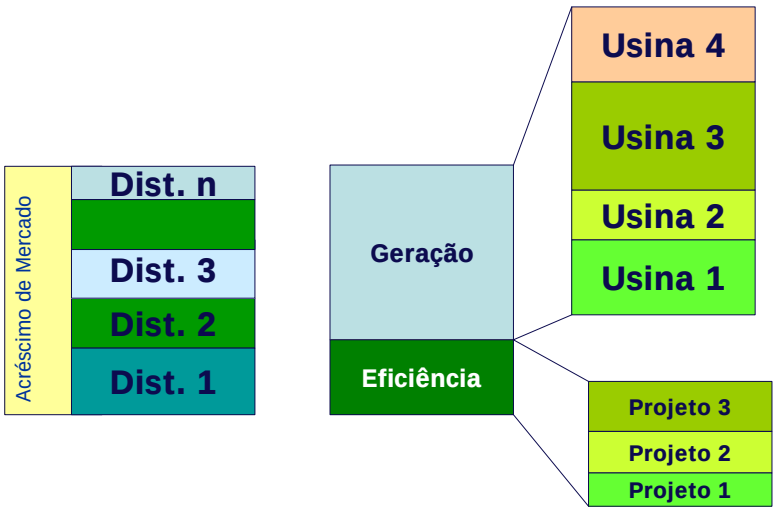
[36] A Matriz Energética 2030 (EPE, 2007) prevê, no cenário B1 – "Surfando a marola", em 2030, um consumo de 1.030 TWh, já considerada uma parcela de conservação devida ao progresso autônomo, contra 375 observados em 2005, o que dá, em média, um acréscimo de 3 GW med/ano. O mesmo estudo prevê, para o progresso induzido da eficiência energética, apenas 53 TWh, ou acréscimo de 0,24 GW méd/ano de economia de energia.

Na primeira alternativa, considera-se que o volume de projetos de eficiência seria baixo, e todos aqueles qualificados e com custo abaixo de um preço-teto (abaixo do custo marginal de expansão) poderiam ser implantados. Não haveria necessidade de leilão – após a consolidação da energia reduzida, o cálculo do acréscimo de mercado (ver item 1.4.5 para o procedimento hoje adotado) seria refeito e o leilão de expansão dar-se-ia como antes (Figura 28). Como se verá adiante, a proposta feita por Geller (2006) prevê também apenas uma qualificação e um preço-teto.

Fonte: Tolmasquim (2006).

Figura 28 – Alternativa 1: todos os projetos aceitos

Na segunda alternativa, considera-se que uma quantidade grande de projetos haveria, superando o que a sociedade admitiria como risco para projetos de eficiência. Neste caso, após uma avaliação prévia do acréscimo necessário e dos projetos disponíveis, limitar-se-ia o montante a contratar e a seleção seria feita por leilão específico, como ilustra a Figura 29. Este leilão poderia ser feito previamente ao leilão de nova energia, abatendo-se, por segurança, apenas uma parcela (por exemplo, 75%) da economia proposta contratada.



Fonte: Tolmasquim (2006).

Figura 29 – Alternativa 2: leilão específico de eficiência energética

Finalmente, na terceira alternativa os projetos de eficiência concorrem diretamente, no mesmo leilão, com as demais usinas. Embora este procedimento seja mais simples, por um lado, pois a seleção dos projetos mais viáveis e aceitos ficaria a cargo do mecanismo de leilão, por outro lado a comparação entre as duas formas de atendimento ao consumo – por aumento

na oferta ou redução na demanda – são bem diferentes, por exemplo, nos processos de medição da energia aportada, no impacto no sistema elétrico, na vida útil do projeto, na confiabilidade de sua efetivação e na repercussão no fluxo de caixa de geradoras, distribuidoras e governo (impostos). Embora esta técnica tenha sido usada por algumas companhias de eletricidade nos EUA, Geller (EPE, 2006e), em sua palestra ao *workshop* sobre leilão de eficiência, não recomendou a junção dos dois tipos de projeto no mesmo leilão, pelas diferenças citadas acima. Além disso, como se verá adiante no item 3.1.5, nos leilões exclusivos de eficiência há mais ofertas, maior concorrência e os preços caem.

2.3.2 Prováveis participantes e características do leilão

Como se pretendeu mostrar no item 2.2, a teoria e a prática de projetos de leilão hoje é extremamente complexa, com profissionais especialmente dedicados ao tema. Como contribuição, apresentar-se-á uma proposta (ver Capítulo 4) para subsidiar uma discussão para evolução da havida no workshop da EPE de 7 dez.2006. Neste item, serão estudados os prováveis oferentes ao leilão e suas características que, no Capitulo 4, comporão uma alternativa de proposta para o leilão. Goldman e Kito (1995, p. 14), questionando a relevância do formato dos leilões, ressaltam, em relação aos estudos americanos, que a pesquisa evoluiu de um foco inicial em teoria dos leilões e no seu projeto para uma análise das tendências dos projetos ofertados pelo lado da geração e estudos de caso dos resultados de programas individuais de expansão.

Geller (2006a) cita que, nos projetos implementados através de DSB nos EUA, 87% da energia economizada o foi através de ESCOs[37]. Sem dúvida, este é o mercado principal que participará dos leilões de eficiência no Brasil. Porém, a própria ABESCO[38] reconhece que os grandes consumidores (DAVID, 2006) entrarão fortemente com projetos de redução do próprio consumo (provavelmente, solicitando a *expertise* das ESCOs). Há outras prováveis participações importantes, como o conjunto de fabricantes de determinado equipamento propondo a venda da energia a ser economizada pela introdução de tecnologia eficiente, como proposto, para o caso de motores de indução trifásicos, por Garcia et al. (2007)[39].

---

[37] Comentando o fato, na sua palestra após a de Geller, ressaltou Ricardo David, presidente da ABESCO (ver nota 38 abaixo): "num mercado maduro como os EUA, 87% foi conseguido pelas ESCOs. É um número que guardo e usarei daqui por diante..." (DAVID, 2006).

[38] Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia - http://www.abesco.com.br/.

[39] Garcia et al., analisando a aplicação da Portaria 553/2005, que prevê que todos os motores sejam de alto rendimento a partir de 2010, concluem que ela representará uma efetiva redução de consumo (algo como uma hidrelétrica de 350 MW), que será paga pelos usuários finais, assumindo a troca dos seus motores que é, em geral, porém não em todos os casos, vantajosa do seu ponto de vista. Como, pelas forças de mercado usuais, o motor de alto rendimento penetrou até hoje em apenas 10% do mercado, sugerem que o custo desta redução pudesse ser compartilhado com os demais consumidores através, por exemplo, da venda desta energia em um leilão de eficiência energética, reduzindo o preço do motor ao consumidor final (ver item 4.4.1.2).

2.3.2.1 ESCOs

O mercado de ESCOs nos EUA movimenta cerca de 2 bilhões de dólares ao ano (GOLDMAN, HOPPER e OSBORN, 2005, p. 387 – dados de 2000). Fora deste país, Vine (2005, p. 691) estima um total de 600 US$ milhões (dados de 2001), onde o Brasil ocuparia o quinto lugar (Tabela 6):

Tabela 6 – ESCOs por país e faturamento (2001)

País	1ª ESCO	Nº ESCOs	US$ projetos
Alemanha	1990–1995	500–1000	US$ 150 milhões
Canadá	1982	5	US$ 50–100 milhões
Japão	1997	21	US$ 61,7 milhões
China	1995	23	US$ 49,7 milhões
Brasil	1992	60	US$ 100 milhões[a]
Austrália	1990	8	US$ 25 milhões
Coréia	1992	158	US$ 20 milhões
Áustria	1995	25	US$ 7 milhões
Estônia	1986	20	US$ 1–3 milhões
Jordânia	1994	1	US$ 2 milhões
República Tcheca	1993	3	US$ 1–2 milhões
Finlândia	2000	4	US$ 0,5–1 milhões
Índia	1994	4–8	US$ 0,5–1 milhões
Argentina	1990s	5	Menos de US$ 1 milhão
Costa do Marfim	2000	4	US$ 250 mil
Chile	1996	0–3	US$ 0–200 mil
Colômbia	1997	1–3	Menos de US$ 200 mil
Gana	1996	1–3	Menos de US$ 100 mil
Quênia	1997	2	Menos de US$ 10 mil
Bélgica	1990	4	Não sabe
Bulgária	1995	12	Não sabe
Egito	1996	14	Não sabe
Hungria	Fim 1980s–início 1990s	10–20	Não sabe
Itália	Início 1980s	20	Não sabe

[a] – Devido ao racionamento de energia elétrica, 2001 foi um ano não usual para o Brasil. O ano anterior (2000) foi mais típico: neste ano, os serviços das ESCOs foram avaliados em 30 US$ milhões.
Fonte: Vine (2005, p. 693 – tradução livre nossa).

A pujança deste mercado brasileiro deve-se ao PEE (Plano de Eficiência Energética[40]) das distribuidoras, que movimenta mais de 300 milhões de reais por ano, boa parte envolvendo projetos com ESCOs – Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados dos PEEs

Ciclo	Distribuidoras	Demanda retirada da ponta (MW)	Economia de energia (GWh/ano)	% ROL*	Investimento (R$ milhões)
1998/99	17	250	755	1,00	196
1999/00	42	370	1.020	0,75	230

[40] Pela Lei 9991/2000, as distribuidoras de energia elétrica são obrigadas a aplicar 0,5% de sua receita operacional líquida em projetos de eficiência energética, o que é feito sob a regulação da ANEEL (2005?).

Ciclo	Distribu-idoras	Demanda retirada da ponta (MW)	Economia de energia (GWh/ano)	% ROL*	Investimento (R$ milhões)
2000/01	64	251	894	0,50	152
2001/02	64	85	348	0,50	142
2002/03	64	54	222	0,50	154
2003/04	64	110	489	0,50	313
2004/05	64	275	925	0,50	175
2005/06 (parcial)	63	156	565	0,50	311
Total		1.551	5.218		1.673

* ROL: Receita Operacional Líquida.
Fonte: Vidinich (2006).

As ESCOs brasileiras, portanto, são empresas que existem há pelo menos 15 anos e movimentam um volume financeiro entre os maiores do mundo. Apesar disto, são empresas, em geral, formadas em geral por engenheiros, com pouco capital e sem o domínio de operações financeiras. Há ESCOs de maior porte, algumas ligadas a distribuidoras, até pequenas empresas com apenas o "capital humano" de seus sócios. Poole (2005), analisando o perfil das empresas através de pesquisa efetuada entre os sócios da ABESCO, apresenta a Tabela 8:

Tabela 8 – Perfil das ESCOs brasileiras

Faturamento em 2004	Empresas na Categoria
Até R$ 500 mil	50,0%
R$ 500 mil - 1 milhão	7,1%
R$ 1 - 3 milhões	28,6%
R$ 3 - 10 milhões	7,1%
Acima de R$ 10 milhões	7,1%

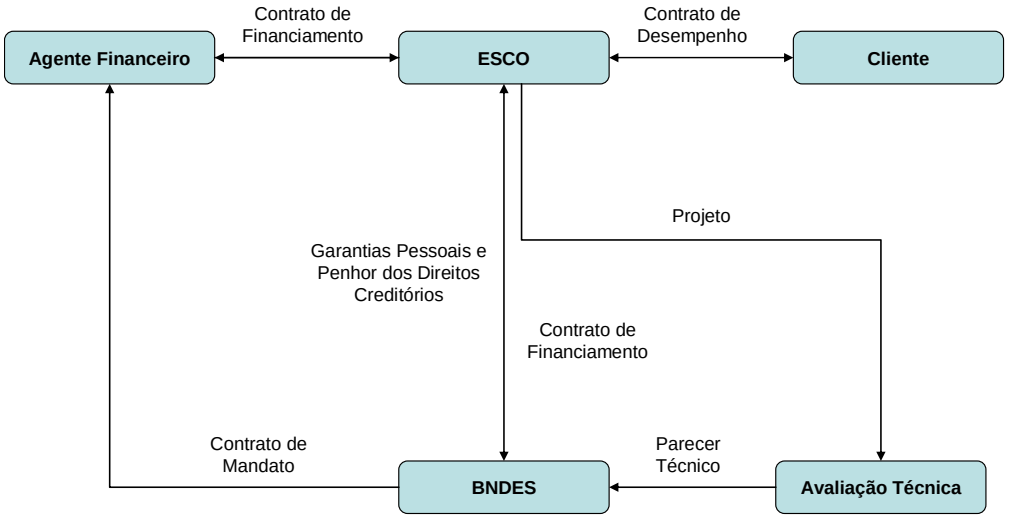
Fonte: Poole (2005, p. 4).

Mello (EPE, 2006e), pelo BNDES, aponta como dificuldades usuais de financiamento às ESCOs (antes do PROESCO, que veio sanar este problema, como será estudado em seguida):

- **Pequeno porte dos projetos**: a falta de uma linha específica fazia com que os custos de transação fossem muito grandes em relação ao porte dos projetos.
- **Desconhecimento e pouco interesse de agentes financeiros**: o tipo de negócio (investimento na instalação de terceiros e remuneração por custo evitado) era estranho aos agentes financeiros, que percebiam muito risco no empreendimento.
- **Pequeno número e porte das ESCOs**: o tamanho do mercado não parecia atrair o interesse dos agentes financeiros.
- **Estrutura de garantias**: este sempre foi o grande problema. A ESCO atua no patrimônio de terceiros e não pode oferecer este patrimônio como garantia, como é de praxe.

O Banco Mundial financiou um estudo para a criação de um fundo de aval, que, na simulação, mostrou-se perfeitamente viável, sem necessitar de subsídios, com uma pequena cota de seguro. Analisando a proposta, o BNDES verificou que o fundo de aval seria criado pelo BNDES para garantir o próprio banco. A idéia, então, foi transformar em programa de

financiamento com um fundo de aval embutido, funcionando conforme o esquema da Figura 30 (COSTA, 2006).



Fonte: COSTA (2006, p. 13).
Figura 30 – Estrutura do PROESCO

Em maio de 2006 o BNDES criou o PROESCO, com a principal novidade da garantia ser através de bens pessoais dos controladores da ESCO (uma espécie de garantia moral, que, segundo Mello, funciona até melhor que a tradicional) e da certificação técnica dos projetos para mitigação dos riscos. Para este programa houve uma dotação inicial de 100 milhões de reais, o que pode ser aumentado se houver justificativa. Não há problemas para que os financiamentos abranjam os projetos provenientes do leilão de eficiência energética.

Em relação, portanto, às características que apresentariam frente ao leilão, percebe-se que:

- **Aversão ao risco**: mais propenso às pequenas ESCOs que vissem no leilão a única ou grande oportunidade para manter o seu negócio. À medida que o leilão se tornar o principal caminho para projetos de eficiência, a aversão ao risco tende a aumentar.
- **Colusão**: este é um risco grande, principalmente no início, quando houver ainda dúvidas quanto a regras. Há também o risco de, se poucas empresas participarem dos leilões, acabarem dividindo o mercado entre si por acordo espúrio.
- **Impedimento à entrada, práticas predatórias**: na medida em que o mercado de ESCOs não é uniforme, com empresas grandes e pequenas, pode haver uma tendência de afastamento das menores, o que poderia inviabilizar o desenvolvimento de eficiência principalmente junto a pequenas indústrias e empresas comerciais, onde as pequenas ESCOs teriam mais afinidade.
- **Afiliação de valores**: esta certamente acontecerá - na medida em que o incentivo solicitado é apenas um ganho a mais para viabilizar o projeto, que em geral se paga pela própria economia auferida, o conhecimento de valorações de concorrentes certamente influenciará o prêmio solicitado.

- **Bens divisíveis**: se for fixada uma cota da expansão para a eficiência, o modelo é o de bens divisíveis.
- **Discriminatório x preço uniforme**: à primeira vista, o modelo de preço uniforme vicejaria a oferta de valores menores (mais vantajosos para a sociedade).
- **Assimetrias**: campanhas e cursos de participação deveriam ser desenvolvidos para evitar assimetrias de informação e minorar o poder de mercado que as ESCOs maiores teriam.
- **Leilões não competitivos**: uma boa solução para contemplar o mercado de pequenas ESCOs (que por sua vez desenvolveriam o mercado de eficiência de pequenas empresas) seria a prática de leilões não competitivos, com preços determinados por uso final, podendo ser também com quantidades endógenas.

2.3.2.2 Grandes consumidores

A outra possibilidade de oferta aos leilões de eficiência energética viria de grandes consumidores, possivelmente grandes indústrias – por exemplo, um fabricante de cobre que quisesse melhorar o processo eletrolítico de purificação pelo emprego de uma tecnologia mais eficiente, poderia solicitar um incentivo, como venda da energia economizada, ao leilão que pudesse melhorar a viabilidade econômica de seu projeto.

A grande adesão ao mercado livre de eletricidade, hoje representando quase ¼ da eletricidade vendida (84 TWh em 2006 – EPE, 2007), faz com que os grandes consumidores percebam mais claramente a necessidade e a oportunidade de gerenciar o seu consumo, identificando, neste processo, oportunidades de maior eficiência no uso da energia elétrica. A venda da energia a ser economizada, com a incorporação de tecnologia ou prática mais eficiente, pode ser vista como um incentivo a mais ou o valor que falta para viabilizar um projeto deste tipo.

Estes consumidores (alguns já praticam leilões de compra de energia, através de empresas comercializadoras – ver, por exemplo, Comerc, 2006) disputariam grandes blocos de energia nos leilões, podendo alcançar preços bem competitivos, em vista da boa assessoria de que poderiam dispor. Em relação às características que apresentariam ao leilão, pode-se supor:

- **Aversão ao risco**: seriam indiferentes ao risco, já que esta é apenas mais uma oportunidade de negócio, que não compromete, em linhas gerais, o seu foco principal.
- **Colusão**: não haveria, já que se tratam, muito provavelmente, de indústrias e processos diversos.
- **Impedimento à entrada, práticas predatórias**: esta é sempre uma possibilidade, dependendo do formato do leilão, porém em relação aos projetos maiores.
- **Afiliação de valores**: também pouco provável por se tratarem de medidas diferentes.

- **Bens divisíveis**: se for fixada uma cota da expansão para a eficiência, o modelo é o de bens divisíveis.
- **Discriminatório x preço uniforme**: em vista dos projetos serem bem diferentes, o leilão por preços discriminatórios ensejaria valores mais adequados.
- **Assimetrias**: o que se teria que prevenir seria a presença muito forte destes consumidores, prejudicando a participação das ESCOs.

2.3.2.3 Fabricantes de equipamentos

O uso de energia em equipamentos tem sido discutido no âmbito do PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem, de forma sistematizada. Em geral, constituem grupos de trabalho formados pelo Procel[41], Inmetro[42], Cepel e os principais fabricantes de determinado equipamento, que participam de forma voluntária, e estabelecem por consenso metas de eficiência energética a serem atingidas. Exemplo marcante disto é o GT-Motores, grupo relativo a motores de indução trifásicos, que reduziram por uma década, através do PBE, o consumo destes equipamentos por elevação dos rendimentos mínimos adotados por consenso (este exemplo será analisado com maior profundidade no item 4.4.1.2). O sucesso desta atuação redundou na primeira regulamentação da Lei de Eficiência Energética (itens 4.4.1.1.1 e 4.4.1.1.2). Esta redução, no entanto, redundou em um aumento de preço ao usuário final, nem sempre vantajoso para ele (SCHAEFFER et al., 2005, p. 7). A idéia é aproveitar a existência e experiência destes grupos para que tecnologias mais eficientes possam ser agregadas ao produto final sem, no entanto, repassar o custo ao consumidor final, mas sim vendendo a energia economizada (ou, pelo menos, parte dela) ao leilão – o oferente seria o grupo de fabricantes.

Diversos grupos de fabricantes – por exemplo, de refrigeradores, ares-condicionados, etc. – poderiam fazer ofertas ao leilão, que possibilitariam a implantação de tecnologias mais eficientes. Poderia haver também a oferta isolada de um fabricante, que por seu risco lançasse um modelo mais eficiente, comprovando-se a energia através do volume de vendas e medições em laboratório e campo, para comprovação.

Em relação à característica deste tipo de participante e seu posicionamento frente ao leilão, pode-se supor, à semelhança dos grandes consumidores:

- **Aversão ao risco**: seriam indiferentes ao risco, já que esta é apenas mais uma oportunidade de negócio, que não compromete, em linhas gerais, o seu foco principal.
- **Colusão**: não haveria, já que se tratam, muito provavelmente, de indústrias e processos diversos.
- **Impedimento à entrada, práticas predatórias**: esta é sempre uma possibilidade, dependendo do formato do leilão, porém em relação aos projetos maiores.

---

[41] PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, funcionando no âmbito da Eletrobrás.
[42] INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, órgão brasileiro de metrologia e qualidade, responsável pelo programa. Vários aspectos do PBE podem ser conhecidos no sítio http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe.asp (INMETRO, 2007).

- **Afiliação de valores**: também pouco provável por se tratarem de medidas diferentes.
- **Bens divisíveis**: se for fixada uma cota da expansão para a eficiência, o modelo é o de bens divisíveis.
- **Discriminatório x preço uniforme**: em vista dos projetos serem bem diferentes, o leilão por preços discriminatórios ensejaria valores mais adequados.
- **Assimetrias**: o que se teria que prevenir seria a presença muito forte dos fabricantes, como no caso dos grandes consumidores, prejudicando a participação das ESCOs.

2.3.2.4 Quadro resumo

A Tabela 9 sumariza as principais características dos diversos tipos de prováveis oferentes ao leilão de eficiência energética e sua vulnerabilidade a práticas que poderiam surgir.

Tabela 9 – Características e vulnerabilidades dos oferentes

	ESCOs	Grandes consumidores	Fabricantes de equipamentos
Aversão ao risco	++	o	o
Colusão	++	o	o
Práticas predatórias	+	-	-
Afiliação de valores	++	o	o
Assimetrias	++	-	-

++ : grande vulnerabilidade
+ : vulnerável
o : indiferente
- : possível utilização em proveito próprio
Fonte: Elaboração própria.

Situada a teoria dos leilões e sua aplicação aos leilões de eficiência energética, estudemos agora as práticas já havidas no mundo de comercialização de eficiência energética.

3 VENDA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO MUNDO

A venda de eficiência energética, como opção de atendimento à expansão do mercado de energia elétrica, não é nova no mundo. Goldman e Kito (1995), como já citado, afirmam que estes contratos existem desde 1987 em vários estados dos EUA. O mecanismo de Certificados Brancos (CBs), que será comentado no item 4.1.5, acaba também criando um mecanismo de venda de eficiência energética, na medida em que o excesso/falta pode ser vendido/comprada no mercado, e as metas passam a ser incorporadas no planejamento da expansão. Este mecanismo já foi implantado em vários países da Europa (início em 2005) e outros o estão considerando seriamente (SCHAEFFER, 2006). A IEA – *International Energy Agency*, que mantém um programa de ações pelo lado da demanda[43], elaborou um estudo sobre o "Desenvolvimento de Mecanismos para a Promoção de GLD e Eficiência Energética nos Novos Mercados de Eletricidade" (IEA, 2000), onde são abordados 25 mecanismos, entre eles um mecanismo de mercado conhecido como "Fontes Competitivas de Recursos pelo Lado da Demanda", que "essencialmente funciona como um leilão para determinada proposta de recurso" (IEA, 2000, p. 279). Este item visa analisar estas experiências e seu possível aproveitamento no Brasil.

3.1 DSB nos EUA

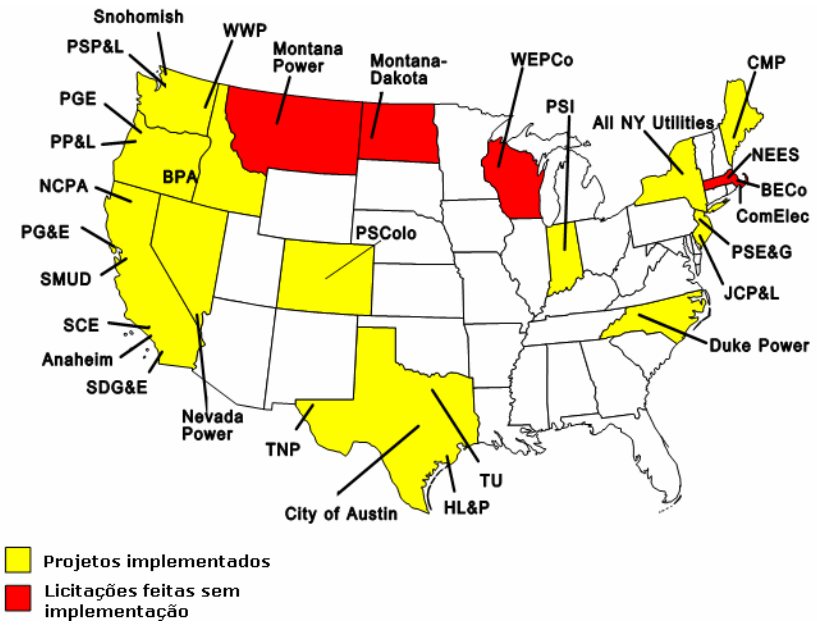
3.1.1 Origem e desenvolvimento

Segundo Geller (2006, p. 1), "DSB envolve emitir uma requisição para projetos de eficiência energética e permitindo que clientes (ou ESCOs em conjunto com clientes) proponham níveis de incentivo para projetos que eles estejam querendo implementar. Os pagamentos a ESCO ou cliente são feitos mediante avaliação de *performance"*. Goldman e Kito (1995, p. 13) relatam que, em fins dos anos 80s, muitas companhias de eletricidade e agências reguladoras (as PUCs – *public utiliy comissions*) confiaram em leilões para adquirir energia de produtores privados de eletricidade. A prática do PIR – planejamento energético integrado, atendendo a requisitos de regulação, fez com que se esperasse que os recursos pelo lado da demanda representassem o principal papel no atendimento à expansão do mercado. Algumas PUCs, entretanto, ficaram frustradas e desapontadas com a falta de interesse ou habilidade das companhias elétricas em desenvolver e implementar programas de GLD em larga escala. A solução encontrada, então, foi abrir a lista de participantes dos leilões de energia aos provedores de recursos pela demanda.

A idéia se espalhou pelos EUA, a partir do estado de Nova Inglaterra, como mostra a Figura 31.

---

[43] O Programa de Gerenciamento pela Demanda da IEA - *IEA Demand-Side Management Programme* – é uma colaboração internacional de 18 países trabalhando em conjunto para desenvolver e promover oportunidades no gerenciamento pelo lado da demanda (GLD) (IEA, 2007).



Fonte: Geller (2006).

Figura 31 - Distribuição dos projetos de DSB nos EUA

Foram realizados projetos em cerca de 35 companhias de eletricidade, representando, no período entre 1987 e 1993, 425 MW de redução de demanda[44] (GELLER, 2006). Goldman e Kito (1995) fizeram uma avaliação detalhada destes programas em termos de: medidas propostas e setores atingidos; custos, analisando detidamente os custos administrativos das companhias de eletricidade, do dono da instalação e a parcela coberta pelos pagamentos da companhia às ESCOs; valores das ofertas feitas e os fatores que os influenciaram – mercado atingido, tipo de medida, preço-teto do leilão, tipo de leilão e concorrentes; comparação dos programas de DSB com os demais programas de GLD e custos evitados de geração; alocação de riscos nos programas de DSB. Neste item, os principais dados, análises e conclusões destes autores serão retomadas, usando-se também extensas avaliações de dois programas de DSB da Xcel Energy, a principal companhia de eletricidade privada do estado do Colorado[45], o primeiro (sendo o quarto programa de DSB desta empresa) de out.1999 a mai.2002, chamado de *Bid 2001* (SUMMIT BLUE CONSULTING - SBC, 2003), e o outro entre 2001 e 2005, chamado de *Custom Efficiency Program* (SBC, 2006), além de outras referências. De extrema valia foram também a RFP – *Request for Proposals* do *Bid 2001* (PSCo, 1999) e respectivo formulário para apresentação de proposta referente ao 2º ciclo[46], em 2002 (Xcel, 2002).

---

[44] Embora haja evidentemente redução do consumo de energia, o principal alvo do programa é a redução da demanda na ponta – no caso da Xcel (ver a nota 45 abaixo), principalmente no verão (junho a agosto), nos dias de semana, entre 15 e 19 horas (SUMMIT BLUE CONSULTING, 2006, p. 23).

[45] Atualmente, a XCel atende a 8 estados - Colorado, Michigan, Minnesota, New Mexico, North Dakota, South Dakota, Texas e Wisconsi-, fatura 9 bilhões US$/ano com 3,3 milhões de clientes em eletricidade e 1,8 milhões em gás natural, e tem 14 termelétricas a carvão – 7.800 MW, 18 a gás natural – 5.100 MW, 2 nucleares – 1.700 MW, 27 hidrelétricas – 510 MW, e outras a óleo, lixo e eólicas (XCEL ENERGY, 2007).

[46] Gentilmente fornecidas por Mr. Willian Gruen, da Xcel Energy, através de solicitação do prof. Geller – nosso agradecimento a ambos pela atenção.

As conclusões apontam, como se verá adiante, no sentido de que, embora os programas de DSB tenham custos maiores que similares em GLD, têm o mérito de colocar a eficiência energética competindo com as fontes de geração, já que: desenvolvem e tornam límpidas as condições de medição e verificação, assegurando o valor da energia economizada; têm custos mais baixos que as alternativas de suprimento; os riscos de não fornecimento são assumidos, em sua grande parte, pelos empreendedores (e não pela sociedade ou pela companhia, como no caso dos demais programas de GLD).

3.1.2 Medidas, mercados e proponentes

Na amostra de 18 companhias de eletricidade selecionada por Goldman e Kito (1995, p. 18), praticamente 90% da demanda reduzida o foi nos setores comercial e industrial. Nestes setores, as medidas se concentraram nos usos finais iluminação (grande maioria), acumulação térmica, troca de combustível, melhora de processos industriais e pacotes de medidas (envolvendo um leque de medidas na instalação eficientizada, onde a maioria da redução obtida também foi em iluminação). No *Bid 2001*, 30% da redução da demanda se deveu a projetos de iluminação, 11% a projetos "mecânicos" (motores eficientes, troca de ares-condicionados instalados em telhados (*packaged rooftop air conditioning unit* – Figura 32), troca de resfriadores (*chillers*), aperfeiçoamento de controles em sistemas de condicionamento ambiental, tetos de baixa emissividade (*low-e ceilings* - Figura 33), películas para janelas (*window films*) e instalação de geradores de vapor para conforto ambiental) e 59% em deslocamentos de carga da ponta (SBC, 2006).

Unidade de referência Unidade eficiente

Fonte: Pacific Northwest National Laboratory (2006).

Figura 32 – Unidade de ar condicionado instalada em telhado

Fonte: Thermal Design (disponível em: http://www.thermaldesign.com/. Acesso em: 1 mai.07).
Figura 33 – *Low-e ceiling*

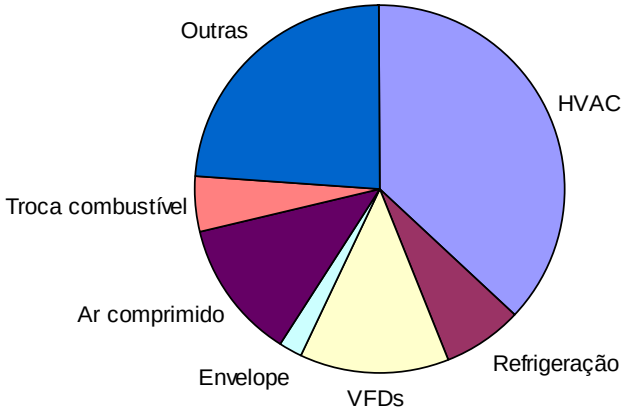
Considerando a energia economizada, a iluminação respondeu por 84% e os projetos mecânicos por 16%, num total de 33 GWh/ano. No *Custom Efficiency Program* foram submetidos 784 projetos, sendo 663 (85%) aprovados e implementados nos seus 4 anos de duração. Iluminação foi o uso final em quase 80% dos projetos representando pouco menos de 70% da demanda reduzida. Projetos mecânicos (condicionamento ambiental - *HVAC*[47], refrigeração, motores, variadores de freqüência - *VFDs*[48], envelope predial[49], transformadores, ar comprimido, troca de combustível, deslocamento de carga e outras - Figura 34) foram cerca de 20% com 25% da demanda reduzida. 2% dos projetos foram de deslocamento de carga, reduzindo 6% da demanda (SBC, 2006).

---

[47] *HVAC: heat, ventilation and air conditioning* – aquecimento, ventilação e ar condicionado, ou seja, medidas em condicionamento ambiental.

[48] *VFD: variable frequency driver*, entre nós mais conhecido como conversor de freqüência ou variador de velocidade ajustável (a variação de freqüência implica na variação de velocidade do motor).

[49] O envelope predial inclui tudo que separa o interior do prédio do ambiente externo, incluindo janelas, paredes, fundação, telhado, teto e isolação. As medidas de conservação incluem: melhoramento da isolação, barreiras para a radiação, brises, janelas de alta performance e outras medidas nas aberturas e sombreamento (San Diego Regional Energy Office, 2002).



Fonte: Summit Blue Consulting (2006).
Figura 34 – Projetos mecânicos – demanda reduzida na ponta do verão

Nota-se, portanto, que a grande maioria dos projetos é em iluminação, seguido de condicionamento ambiental, e que os setores mais visados são os prédios e setor comercial.

No *Bid 2001* (SBC, 2002, p. 45-48) houve 21 proponentes, sendo que 15 completaram projetos e 6 não. Dos 15 que completaram, 11 eram terceiros (ESCOs) e 4 clientes diretos da companhia; dos 6 que não completaram, 3 eram ESCOs e 3 clientes. 3 dos 4 clientes apresentaram um único projeto e o quarto, 9. No entanto, os 12 projetos apresentados por clientes reduziram 10,8 MW, enquanto os 128 projetos apresentados por ESCOs em 78 clientes reduziram 8,4 MW. O relatório do *Custom Efficiency Program* não faz este tipo de análise mas, pela tabela apresentada (SBC, 2006, p. 59), pelo menos 80% dos projetos foram através de ESCOs. Consumidores diretamente ou através de ESCOs, portanto, têm portanto papel importante no leilão de eficiência energética.

Faz parte da proposta apresentada por ESCOs, e influi na decisão dos projetos vencedores, uma avaliação do mercado onde está atuando (ver item 3.1.8.2).

3.1.3 Sistemática do programa

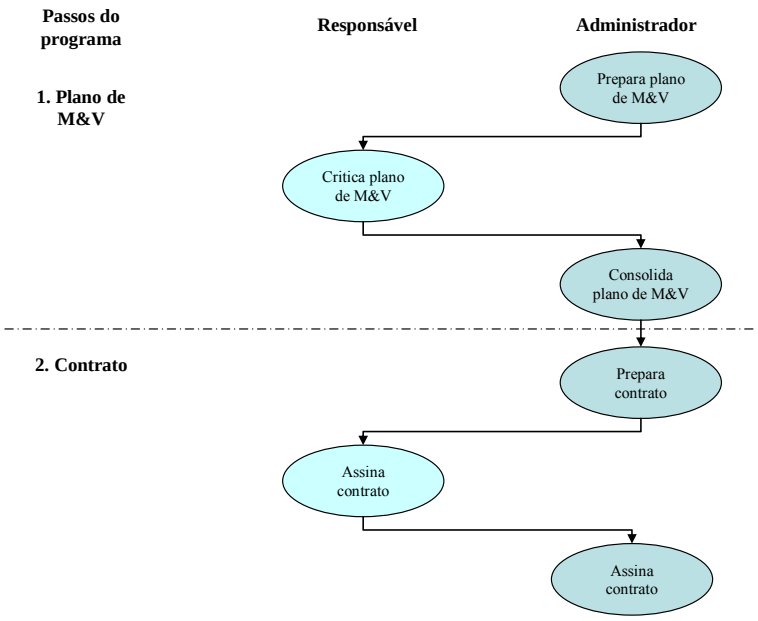
É interessante incluir aqui alguns aspectos, além dos já comentados, da sistemática do programa *Bid 2001*, expressa na RFP mencionada (PSCo, 1999). As medidas ofertadas podem ser uma atualização de alguma instalação ou um projeto de nova construção – neste caso, a linha de base é calculada pelos índices mínimos de eficiência energética requerido por lei ou médio praticado na região. Podem participar clientes da companhia, ESCOs ou empresas relacionadas com serviços de energia – financiadoras ou fabricantes de artefatos de iluminação ou condicionamento ambiental, por exemplo. Todas as instalações devem ser nos setores comercial ou industrial. As propostas de ESCOs devem reduzir entre 1 e 5 MW (podem abranger diversas instalações) e 0,25 e 5 MW as de clientes. O programa visa basicamente uma redução de demanda no horário de ponta no verão. A companhia reservou 4,5 milhões de dólares para os incentivos, com um máximo de 2 milhões por participante, e os pagamentos são baseados

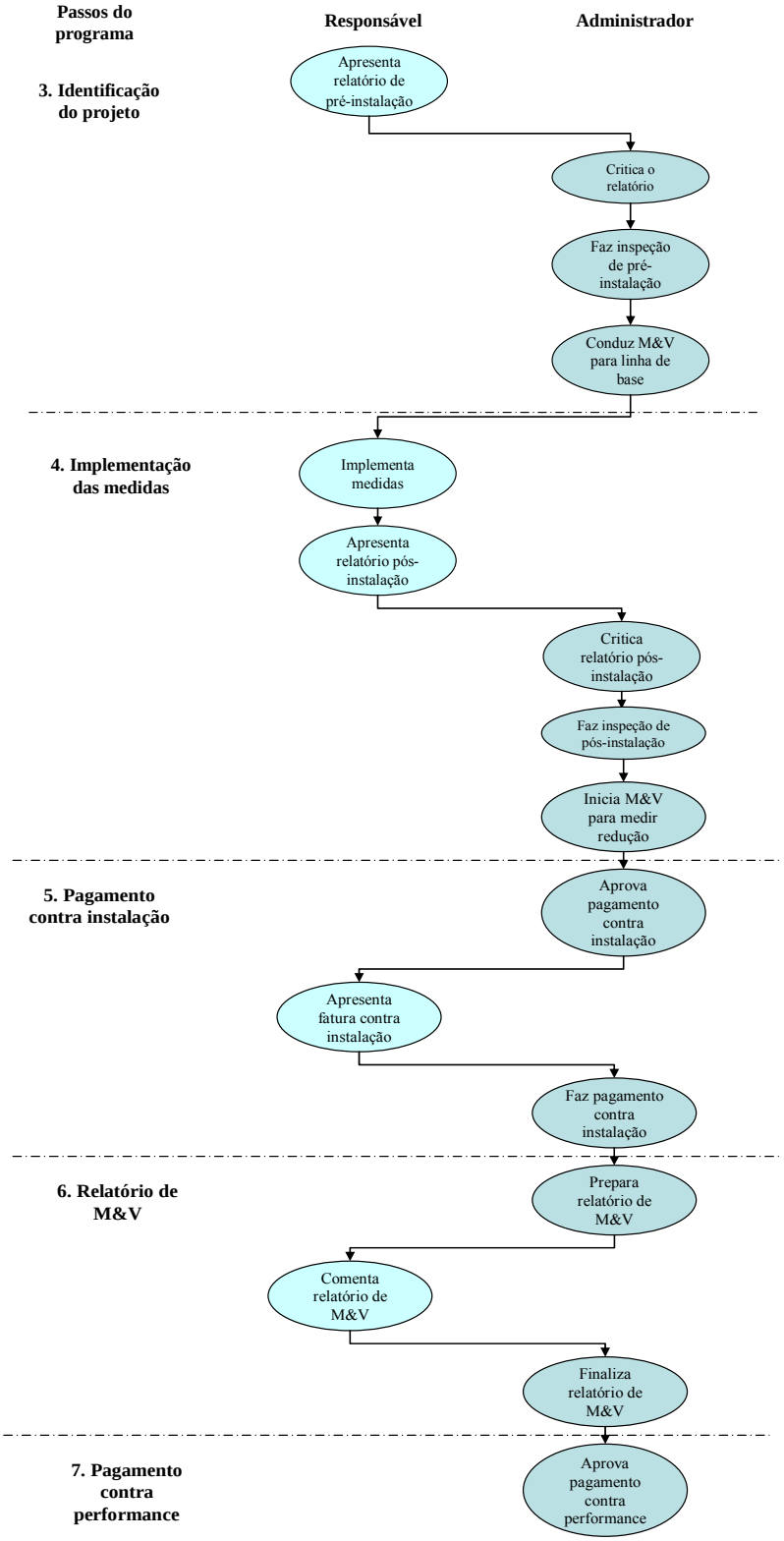
na média de redução da demanda de pico conseguida. O programa é formado por vários ciclos – após a apresentação das propostas, há um prazo de 2 meses para a sua seleção, 2 meses para a assinatura dos contratos e 13 meses para a instalação das medidas. As atividades finais de M&V são feitas no verão seguinte à conclusão das reformas, tendo o responsável pelo projeto (ESCO ou cliente) a oportunidade de comentar o relatório final feito pelo administrador do programa (uma empresa contratada pela XCel).

O pagamento, que é feito de uma só vez (isto é, não há pagamentos anuais), tem duas parcelas: a primeira, feita após a inspeção e aprovação, pelo administrador, da reforma realizada, correspondente à metade da redução prevista (em kW) vezes o valor solicitado de US$/kW; a segunda, após as atividades de M&V finais, correspondente à redução medida vezes o valor ofertado subtraída do primeiro pagamento – a redução pode ser maior (ou menor) que a prevista.

Para fazer jus aos pagamentos, como forma de não atrasar a execução dos projetos, o responsável deve atingir dois marcos (*milestones*) de desempenho: no primeiro, as ESCOs devem apresentar, até determinada data, pré-relatórios de instalação para no mínimo 50% da redução ofertada e, para os clientes, 100%; no segundo, relatórios finais de instalação para 75% da redução ofertada.

A Figura 35, extraída da RFP (PSCo, 1999, p. 21-22), mostra as diversas fases de um projeto do Bid 2001.





Fonte: PSCo, 1999 – tradução livre nossa.

Figura 35 – Fases do Projeto do Bid 2001

3.1.4 Custos dos projetos

Goldman e Kito (1995) compararam os custos dos projetos ofertados em leilão aos custos de outros programas de GLD no uso final iluminação, onde melhores dados estavam disponíveis. Os do leilão foram ligeiramente maiores (61 contra 56 US$/MWh), embora, dado o

risco de desenvolvimento e *performance* assumido pelos oferentes, a expectativa fosse a diferença ser bem maior.

Os autores calcularam os custos totais nivelados das medidas pela Equação 4:

$$C_{CTR} = \frac{P_{CE} + C_{adm} + C_{cl}}{E_{ec}} \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad \text{..... Equação 4}$$

C_{CTR}	Custos totais nivelados (valor presente) do projeto	\$/MWh
P_{CE}	Pagamentos anuais da Companhia de Eletricidade ao empreendedor	\$
C_{adm}	Custos administrativos anuais da companhia de eletricidade	\$
C_{cl}	Custos anuais do cliente (dono da instalação)	\$
E_{ec}	Energia economizada por ano	MWh
i	Taxa de desconto utilizada	%
n	Vida útil do projeto	anos

A taxa de desconto utilizada foi de 11%, representativa do custo médio ponderado de capital para as companhias de eletricidade. A vida útil considerada foi a do contrato (em geral, menor que a vida útil do projeto), que variou de 3 a 25 anos. A análise apontou custos entre 54 e 80 US$/MWh, decrescentes no tempo. Os pagamentos das companhias de eletricidade aos empreendedores representaram de 70 a 90% dos custos totais dos projetos. A variação dos pagamentos das companhias aos empreendedores, pela sua importância, será discutida no item 3.1.4.1. As contribuições dos clientes não foram importantes, a não ser em 2 de 10 programas analisados. Os custos diretos do cliente, embora tenha havido pouca informação sobre eles, variaram entre 0 e 15 US$/MWh. A variação pode ser atribuída à baixa qualidade na informação, à habilidade das ESCOs em fazer os clientes assumirem parte dos custos nos setores comercial e industrial e à impossibilidade de se fazer isto no setor residencial, onde alguns projetos tiveram penetração. Os custos administrativos ficaram entre 0 e 8, com média de 4 US$/MWh – as diferenças sendo atribuídas a diferentes formas de contabilizar os custos, esforço de *marketing* e assistência às ESCOs.

Já que o mérito do DSB deve ser avaliado pelo benefício que provê à sociedade, raciocinam Goldman e Kito (1995, p. 21), um limite inferior para o seu custo deve ser o de programa similar de GLD (adicionado dos riscos assumidos pelo provedor de recursos) e um limite superior pelo custo evitado de nova geração. Na amostra analisada, os custos variaram de 42 a 104% dos evitados de nova geração. Todavia, complementam estes autores, dadas as incertezas nos custos do cliente, administrativos da companhia e evitados no futuro (frente à expectativa de menores custos de gás e menores necessidades de mais capacidade), muitos destes programas parecem estar perto do limite de viabilidade econômica, do ponto de vista da sociedade.

A SBC (2002, p. 24), analisando o programa *Bid 2001*, não explicita os custos dos projetos, mas faz uma análise custo-benefício deles, considerando benefício o custo evitado de geração, como na Equação 5:

$$RBC = \frac{B_{CTR}}{C_{CTR}} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{CE}{(1+i)^{t-1}}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{(C_{adm} + C_{par} + C_{GNV})}{(1+i)^{t-1}}} \quad \text{..... Equação 5}$$

RBC	Relação benefício-custo	1
B_{CTR}	Benefício pelo teste do Custo Total do Recurso[50]	$
C_{CTR}	Custo pelo teste do Custo Total do Recurso	$
CE	Custos evitados (marginais) de geração a cada ano, com o montante de demanda e energia "líquidos", calculados como na Equação 6 abaixo	$
C_{adm}	Custos administrativos da companhia de eletricidade incluindo a parcela das ESCOs	$
C_{par}	Custos de instalação e remoção, O&M (operação e manutenção), livre de "caronas" [51]	$
C_{GNV}	Custos de gás natural e vapor adicionais para suprir a carga térmica retirada pela eficientização em iluminação	MWh
t	Ano em questão	ano
i	Taxa de desconto utilizada	%
n	Vida útil do projeto	anos

A análise é parecida com a de Goldman e Kito (Equação 4), porém mais precisa e com considerações ligeiramente diversas: é feita análise ano a ano; são considerados os efeitos *free-rider* e *spillover* (ver nota de rodapé 51) e os gastos adicionais com calor para suprir a carga térmica evitada nos projetos de iluminação; e os custos administrativos incluem a parcela do incentivo pago retida pelas ESCOs[52]. O custo do projeto em si é, portanto, isolado (C_{par}) e parece ser totalmente coberto pelo incentivo pago. É também considerado (ao menos teoricamente) um fator de persistência, que mede a continuidade das economias ao longo do tempo. Analiticamente, o fator líquido/bruto apurado é calculado como na Equação 6:

$$f_{liq} = 1 - f_{car} + f_{exc} - f_{per} \quad \text{..... Equação 6}$$

f_{liq}	Fator que traduz a economia líquida/bruta	%
f_{car}	Fator que traduz o efeito "carona" (*free-rider*)	%
f_{exc}	Fator que traduz o efeito excedente (*spillover*)	%
f_{per}	Fator que traduz o efeito de persistência	%

Os fatores, estimados através de entrevistas aos agentes, são bem significativos:

Tabela 10 – Fatores de correção considerados pela Xcel – *Bid 2001*

Tecnologia	Fatores			
	carona	**excedente**	**persistência**	**líquido/bruto**
Iluminação	35%	6%	0%	71%

[50] Como sugerido pela *California Public Utilities Commission* (CPUC) e a *California Energy Commission* (CEC) – 2001, p. 18 – em que todos os custos são considerados, tanto do lado do participante quanto da companhia de energia.

[51] *Free-riders*: participantes que implantariam as medidas de eficiência energética mesmo sem o programa. Além dos caronas, a SBC estima também o efeito "*spillover*", que são as medidas implantadas por influência do programa, porém sem dele participar.

[52] Estimada em 12,5%, em média, dos incentivos pagos. Há uma incerteza considerável nesta estimativa, porque muitas ESCOs consideraram a informação confidencial (SBC, 2002, p. 26).

Tecnologia	Fatores			
	carona	excedente	persistência	líquido/bruto
Projetos mecânicos	45%	5%	0%	60%
Deslocamento de carga	29%	3%	0%	74%
Geral	36%	6%	0%	70%

Fonte: Summit Blue Consulting (2002, p. 25).

A análise da relação benefício-custo (RBC) revelou os seguintes valores: 1,33 para iluminação, 2,23 para projetos mecânicos e 1,79 para deslocamentos de carga, numa média de 1,62 (portanto, custos de 62% do evitado). Os custos administrativos (incluindo a remuneração das ESCOs) ficou em cerca de 20% do total. No *Custom Efficiency Program* (SBC, 2006) a RBC média foi de 2,08, sendo que o custo do participante (custo do projeto em si) representou 92% do total. Confirma-se, portanto, que os projetos têm custo abaixo dos de nova geração, ficando claro que o DSB é viável do ponto de vista econômico.

3.1.4.1 Ofertas (incentivo)

Este item considera apenas a análise de Goldman e Kito, já que nos relatórios da SBC faltam dados para se estimar as ofertas feitas. O custo total de um projeto que vai a leilão, como indicado na Equação 4, é composto por:

- **Custos administrativos**: assumidos pela companhia de eletricidade para emitir a requisição de projetos, gerenciar e qualificar as ofertas e acompanhar os contratos, incluindo M&V.
- **Contribuição do cliente**: parcela dos custos do projeto e de transação que é assumida pelo dono da instalação ou ESCO no sentido de tornar o incentivo requerido vencedor no processo de seleção (leilão).
- **Incentivo**: pagamento que é feito pela companhia de eletricidade ao cliente ou ESCO, conforme a oferta feita e contrato assinado, bem como a verificação efetuada da economia obtida. Este pagamento, portanto, cobre apenas uma parcela (embora significativa) do projeto.

Goldman e Kito (1995, p. 17) afirmam que as ofertas variaram bastante, de 14 a 99 US$/MWh nos pacotes de medidas e 10 a 62 US$/MWh em iluminação. Por companhia, eles ficaram em média entre 15 e 75 US$/MWh. Os autores avaliam que a variação nos incentivos ofertados, como analisado dos subitens a seguir, deve-se principalmente a:

- Diferenças nos preços-teto praticados pelas diferentes companhias de eletricidade;
- Diferenças na composição das medidas, serviços oferecidos e setores visados;
- Grau de risco de desempenho como trazido ao preço pelo oferente;
- Avaliação dos concorrentes, que pode estar relacionado com o tipo e tamanho da solicitação (leilão).

3.1.4.2 Preços-teto

Os preços-teto parecem explicar muito da variação observada. Diferentes abordagens para o estabelecimento de preços-teto foram adotadas: algumas companhias simplesmente não consideraram teto, algumas utilizaram o custo evitado de suprimento, outras consideraram seus próprios custos em outros programas de GLD com implantação de medidas similares de eficiência energética, onde as ofertas foram bem menores. Quando a competição entre ESCOs foi mais acirrada e a demanda total do leilão menor, o preço-teto pareceu jogar um papel menos importante (Goldman e Kito, 1995, p. 17).

O Bid 2001 (PSCo, 1999, p. 7) estabeleceu os seguintes preços-teto: 530 US$/kW para medidas de eficiência energética e troca de combustível e 330 US$/kW para deslocamento de carga na ponta. Os pagamentos são feitos uma única vez no primeiro ano de implantação da medida. Considerando-se, por exemplo, uma medida em iluminação de escritórios (3.852 h/ano de operação segundo a SBC), 5 anos de vida útil, taxa de desconto de 11%, o valor teto corresponderia a 37 US$/MWh evitado.

3.1.4.3 Medidas e setores

A composição das medidas, com diferentes usos finais (como comentado acima) e diferentes ações – por exemplo, em iluminação, os projetos vão desde troca de lâmpadas incandescentes até troca de reatores e instalação de controles – afetam obviamente o custo e o incentivo requerido – pacotes de medidas nos setores comercial e industrial tiveram oferta média de 51 US$/MWh enquanto iluminação ficou em 45; em iluminação, houve ofertas de 10 a 62 US$/MWh. No setor residencial, a média das ofertas foi de 62 US$/MWh contra 50 nos setores comercial e industrial.

3.1.4.4 Risco de *performance*

Quanto ao grau de risco percebido pelas ESCOs e trazido às ofertas, onde apenas uma verificação da correta instalação de equipamentos era necessária, as ofertas variaram em torno de 30 US$/MWh; em oposição, contratos onde as ESCOs tinham que demonstrar economias durante 10 a 15 anos, chegaram a 60 e 70 US$/MWh.

3.1.5 Tipo de leilão e concorrência

Quando os leilões envolveram recursos tanto da oferta quanto demanda, as ofertas foram bem mais altas do que para leilões específicos de GLD. No entanto, a taxa de aceitação de projetos (MW aceitos sobre MW propostos) foi maior nos leilões envolvendo oferta e demanda. Nos leilões específicos, portanto, mais agentes foram estimulados a apresentar propostas e os preços caíram (maior competição). Nos leilões conjuntos, provavelmente só as ESCOs com melhor estrutura se sentiram estimuladas a competir, e a competição visualizada foi focada nos preços de nova energia.

3.1.6 Alocação de riscos

Quando se fazem programas de GLD em larga escala, é importante saber quem está assumindo os riscos: a sociedade, a companhia de eletricidade ou, no caso do DSB, a ESCO e o dono da instalação. Uma distinção clara dos programas de DSB é permitir uma alocação explícita dos riscos, ao contrários dos outros programas de GLD, onde implicitamente a sociedade assume a maioria deles. Goldman e Kito classificam os riscos em (1995, p. 21):

- **Riscos de desenvolvimento**: risco das economias previstas não se efetivarem. Nos programas de DSB significa não se conseguir implementar o projeto como previsto nas instalações do usuário, e é assumido pela ESCO. Nos outros programas de GLD significa não se conseguir número suficiente de clientes que concordem em instalar as medidas promovidas pela companhia de eletricidade, assumido portanto pela companhia e pela sociedade, pois poderá haver falta de oferta.
- **Risco de *performance***: risco que as economias não se mantenham durante a vida útil prevista. Também aqui o risco em DSB fica com a ESCO e em GLD com a companhia e a sociedade, no curto prazo, e com a sociedade, no longo prazo.
- **Risco de demanda**: risco que o aumento de capacidade do sistema diminua durante a vida útil das medidas. Este é assumido pela sociedade em ambos os casos e não parece ser, pelo menos por bom tempo, o caso do Brasil.

Esta questão também não é tratada nos relatórios da SBC.

3.1.7 M&V

No *Bid 2001* alguns participantes acharam excessivo o sistema de metas *(milestone approach*) adotado porque não previa mudanças macro-econômicas, não se adequava ao ritmo das empresas, preferiam um pagamento fixo por produto instalado ou um pagamento por kW economizado, embora 2/3 dissessem estar de alguma forma satisfeitos com este sistema (SBC, 2002, p. 49). Praticamente 80% dos entrevistados estavam satisfeitos com o sistema de M&V implantado – as reclamações eram no sentido de muita burocracia, custo elevado, precisão desnecessária, inflexibilidade.

Goldman e Kito e o relatório do *Custom Efficiency Program* não tratam especificamente deste assunto.

3.1.8 Questões sobre o DSB

Algumas questões sobre o funcionamento do DSB merecem consideração especial e serão tratadas neste item.

3.1.8.1 Leilões pela demanda separados

Goldman e Kito (1995, p. 23) observam que os pagamentos efetuados pelas companhias às ESCOs, quando o leilão envolvia ambos os recursos de oferta e demanda, foram maiores. Os recursos, oferta e demanda, são muito diferentes por diversas razões: estrutura de mercado dos agentes, características inerentes do empreendimento (por exemplo, medição) e nível de

desenvolvimento (muito mais maduro no lado da oferta). A "usina virtual" envolve uma complexa relação entre a companhia, a ESCO e o dono da instalação, bem diversa da da usina real. Por fim, o grau de incerteza da energia economizada nunca será igual ao da gerada. Assim, os autores sugerem processos de compra separados pela oferta e demanda, como também preconiza Geller (2006).

Os programas de DSB da Xcel são específicos para eficiência energética. Os relatórios da SBC não fazem, portanto, esta análise.

3.1.8.2 Avaliação das ofertas

Determinar o adequado padrão de avaliação para os programas de DSB, afirmam Goldman e Kito (1995, p. 23) é uma questão importante, ainda mais porque as companhias de eletricidade têm objetivos diversos, algumas vezes conflitantes: por exemplo, maximizar os benefícios para a sociedade e limitar os impactos de curto prazo nas tarifas. As duas formas mais comuns de valoração são:

- Custos evitados de geração
- Custos de programas semelhantes de GLD

Goldman e Kito não recomendam usar o Teste do Recurso Total como critério, porque neste caso, dizem eles, os pagamentos feitos pela companhia de eletricidade são maiores – quando o critério focaliza o custo ou valor do programa para a companhia, a ESCO tende a solicitar uma contribuição maior do dono da instalação.

No *Bid 2001* (PSCo, 2001, p. 14-18) foi usado um sistema de pontuação (*scoring system*), onde são avaliados 7 atributos da proposta, incluindo o incentivo solicitado. Os atributos são agrupados em 2 categorias – qualidade do projeto e qualidade da proposta (*bid quality*). A qualidade do projeto mede a capacidade do projeto em produzir reduções confiáveis e persistentes de demanda (e energia) a um custo viável e é baseado em informações que podem ser quantificadas:

- **Preço**: deve ser menor que o preço-teto, e preços menores recebem pontuações maiores, ajustados para mais quando os projetos envolvem medidas de capital intensivo.
- **Confiabilidade da redução**: devem produzir reduções confiáveis por pelo menos 5 anos, recebendo maior pontuação as tecnologias maduras, e projetos com mensurações detalhadas ou cálculos específicos.
- **Persistência**: as medidas devem durar por pelo menos 5 anos (troca de lâmpada, por exemplo, com vida útil menor que 5 anos, deve ser acompanhada de detalhado plano de O&M [53]que garanta que serão trocadas por outras eficientes neste prazo); medidas que tenham maior vida útil recebem maior pontuação – 15 ou mais anos a mais alta e 5 a menor.

---

[53] Operação e manutenção.

- **Economia de energia**: a XCel considera um padrão de horas de funcionamento baseado no tipo de medida e setor visado; as propostas que economizam mais energia recebem pontuação maior, sendo eficiência energética a de maior pontuação, seguida de troca de combustível e deslocamento de carga, com pontuação nula neste item.

A qualidade da proposta mede a capacidade do oferente em desenvolver e implementar os projetos propostos. Os atributos são avaliados qualitativamente:

- **Qualidade e completude[54] da proposta**: a proposta deve contemplar todos os itens requeridos; maior pontuação será dada a uma proposta clara, completa e com cálculos precisos, sem necessidade de outros esclarecimentos.
- **Qualificação e experiência do oferente**: terá a maior pontuação o oferente que tiver completado 10 ou mais projetos similares e o comprovar; a menor será dada àquele que puder comprovar sua competência, porém sem ter implementado projeto.
- **Qualidade do plano de *marketing***: na sua proposta, a ESCO deve apresentar: análise do potencial de mercado, meta de vendas, *lead generation*[55], estratégia de promoção para atingir o mercado visado, estratégia de vendas com recursos suficientes para a implementar (pessoal qualificado, estrutura organizacional, mecanismos de acompanhamento das vendas e ferramentas de vendas) e discutir as barreiras de mercado. A pontuação premia àqueles que mostrarem um maior entendimento do mercado onde estão atuando e melhores estratégias para atingir o volume de vendas projetado e vencer as barreiras de mercado.

Trata-se, portanto, de um leilão por oferta de qualidade e preço (ver item 2.2.4.3), onde as ofertas são feitas em envelopes fechados e selecionadas aquelas com maior pontuação – é, do ponto de vista teórico, portanto, um leilão selado de primeiro preço (onde o "preço" deve ser compreendido como uma combinação ponderada, segundo os critérios estabelecidos pela companhia de eletricidade, de qualidade e preço propriamente dito), onde o limite para determinar os projetos vencedores é um montante de energia ou demanda a reduzir ou um valor a contratar.

3.1.8.3 Pacote de medidas

Os proponentes do DSB argumentavam inicialmente que este mecanismo seria uma boa oportunidade de se conseguir pacotes amplos de medidas nas instalações[56]. Esta era uma crítica aos outros programas de GLD, que só viabilizavam a "nata" (*cream-skimming*) das medidas existentes. As companhias de eletricidade buscaram incentivar a adoção de pacotes, pagando um preço maior por estas ofertas. No entanto, dificuldades existem também em DSB,

---

[54] [De completo + -(t)ude.].S. f. Caráter do que é, ou está completo (FERREIRA, 1999).

[55] Técnica de *marketing* que permite ter-se informações sobre determinado segmento visando incrementar o processo de vendas.

[56] Esta sugestão também foi usada pela ABESCO (David, 2006), citando projetos de aquecimento solar, que sempre ficavam de fora dos PEEs pelo seu custo, poderiam então ser incorporados nos leilões de eficiência energética.

devido não só ao baixo retorno para os clientes, como para M&V (por exemplo, no caso das medidas em condicionamento ambiental, em particular em sistemas de controle).

Apesar disto, Goldman e Kito (1995, p. 24) sugerem algumas medidas de incentivo a pacotes em DSB: atribuir pesos elevados quando a escolha dos projetos é feita por um sistema de pontos (*scoring system*), especificar parcelas máximas por determinado uso final (por exemplo, não mais que 70% para iluminação), ou estabelecer preços em camadas, em que a ESCO recebe um valor unitário maior se atinge maiores níveis de economia em determinado uso final ou em toda a instalação. A SBC não trata desta questão.

3.1.8.4 Alocação dos riscos de *performance* e desenvolvimento

Goldman e Kito sugerem que as ESCOs assumam os riscos associados a custos majorados durante a instalação e diminuição das economias ao longo do tempo, pois são fatores por elas controláveis. Já quando isto não se dá (por exemplo, horas de funcionamento do equipamento ou sistema modificado), eles sugerem que haja alguma partilha entre as ESCOs, sociedade e donos da instalação (os donos de instalação são relutantes em aceitar contratos com horas de funcionamento estipuladas, já que mudanças no negócio podem afetá-las – por exemplo, movimentação em *shopping*). Uma boa sugestão é contratar "bandas de performance", ao invés de valores fixos – por exemplo, 90 a 110% do previsto ou algo mais em condições específicas (por exemplo, horas de funcionamento).

No *Bid 2001*, cerca de 80% dos donos de instalação declararam não terem alterado suas horas de funcionamento ou regime de carga. Dos que disseram que houve mudanças, metade aumentou e metade diminuiu as horas de operação ou a carga (SBC, 2002, p. 44). No Custom Efficiency Program foram usados valores padrão de carga e funcionamento por tipo de instalação (que eram bem específicos, como condomínios, igrejas, mercearias, escritórios, sinais de trânsito, etc.).

3.1.9 Conclusões

Goldman e Kito (1995, p. 24) concluem que embora os custos dos programas de DSB tenham sido maiores que equivalentes de GLD somente, foram menores que os custos evitados e tiveram o mérito – talvez o mais importante deste mecanismo – de aumentar o interesse em medidas vendidas por contratos de *performance*, aperfeiçoar a medição e verificação e incentivar o mercado de ESCOs. Outro fator de mérito para o DSB é a assunção de riscos pelas ESCOs e não pela sociedade.

A avaliação do *Bid 2001* foi que "a estrutura de leilão (*bidding*) foi modestamente satisfatória" (SBC, 2002, p. 57) considerando o contexto amplo de DSM nos EUA. Os clientes parecem ter ficado satisfeitos, em geral, embora não totalmente satisfeitos com os procedimentos de M&V, mas entendendo e aceitando-os como necessários. Não consideraram o fato de haver intermediários como uma grande questão. A estrutura do programa, mesmo com

melhorias, parece ter limites em captar uma grande parte do potencial de eficiência nos setores comercial e industrial. A SBC acha que sua experiência mostra que um só programa não pode se adequar a todas as necessidades, segmentos ou circunstâncias. Há também indicações que há clientes e segmentos de mercado que sempre acharão difícil participar de programas deste tipo por mais que funcionem bem. Ela recomenda então que pequenos projetos sejam atendidos através de programas simples de descontos, em tecnologias selecionadas; que a burocracia seja reduzida ou automatizada, de modo que os oferentes se dediquem em elaborar e operar o projeto e não em questões administrativas; que o processo de M&V seja o mais simples possível desde que não afete os riscos e obrigações das partes; que sejam tratadas de maneira diversa o pessoal de campo e o pessoal administrativo – o de campo pode convencer o administrativo da necessidade de M&V, e o administrativo entende melhor a necessidade de reduzir custos operacionais e aumentar a produtividade.

A avaliação da SBC no caso do *Custom Efficiency Program* é de que, apesar de citar que os clientes estão geralmente satisfeitos com o programa, há indicações que um programa dedicado (a uma tecnologia ou uso final) ou um programa que não inclua um mecanismo de leilão são preferíveis ao DSB. Ela é particularmente crítica em relação à participação de terceiros (as ESCOs): não fazem a propaganda correta da Xcel, não a representam corretamente e parecem tirar vantagem (*gaming*) do processo de leilão – assim, raciocinam os autores (SBC, 2006, p. 196), se o processo de leilão existe para criar maior competição entre os atores e conseqüentemente baixar o preço da energia economizada, e se isso não ocorre, então o leilão não tem sentido.

3.2 O Estudo da Agência Internacional de Energia

A Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla inglesa) mantém um programa de colaboração entre 18 países para desenvolver e promover ações de GLD (IEA-DSM, 2007). Atuando desde 1993, são designadas comissões, envolvendo especialistas de vários países, para promover estudos sobre assuntos determinados, chamados de "tarefas". A Tarefa VI, concluída em 2000, visa discutir os mecanismos de promoção de GLD e eficiência energética nos mercados de eletricidade em transformação (IEA-DSM, 2000). Foram coligidos 25 mecanismos (divididos em mecanismos de controle (C1 a C5), financiamento (F1 a F2), apoio (S1 a S7) e mercado (M1 a M11)), entre os quais o M10 – Aquisição Competitiva de Recursos do Lado da Demanda[57], que aborda o comércio de ações de GLD – eficiência energética e deslocamento de carga na ponta. A abrangência e profundidade deste estudo servem bem aos propósitos desta tese de propor um mecanismo de venda de eficiência energética no Brasil. Tentaremos, então, aplicar as considerações feitas no estudo da IEA ao caso brasileiro e aos leilões de eficiência energética.

---

[57] *Competitive Sourcing of Demand-side Resources* (IEA, 2000, p. 278).

A motivação para este estudo partiu da necessidade de se verificar quais os mecanismos adequados para incrementar o GLD com a transformação do mercado de eletricidade, principalmente em relação aos processos de desverticalização (*unbundling*) das empresas (separando geração, transmissão, distribuição e comercialização), privatização, comercialização e competição entre elas: que mecanismos continuariam a ser úteis neste sentido, que ações seriam necessárias para fomentá-los, como seria a sua eficácia na nova realidade, principalmente no tocante à quebra de barreiras para uma maior ação de GLD. No Brasil, a grande mudança, até agora, foi a implantação dos programas de eficiência energética (PEE) nas distribuidoras de eletricidade, que têm sofrido constantes mudanças de regras e não tiveram ainda uma avaliação profunda de seus resultados[58].

A Tabela 11, traduzida livremente (IEA, 2000, p. 278), indica de modo sumário as principais características do mecanismo estudado (a tabela foi feita de maneira padrão para apresentação das características principais dos 25 mecanismos estudados).

Tabela 11 – Características do Mecanismo

Linhas gerais	Neste mecanismo, companhias de eletricidade e/ou outros especificam seus requisitos de GLD e eficiência energética em uma Solicitação de Propostas pública. As propostas são avaliadas numa base competitiva e contratos estabelecidos com os oferentes selecionados. Nos EUA, este mecanismo é chamado de "*demand bidding*".		
Resultados	☑ Deslocamento de carga ☑ Eficiência energética ☑ Efeitos diretos ☐ Efeitos indiretos		
Efeitos dos Aspectos de Reestruturação da Indústria de Eletricidade neste mecanismo	Desverticalização	×	Sem alteração
	Comercialização / Privatização	↑	Mais útil e/ou relevante
	Competição	↑↑	Muito mais útil e/ou relevante
Mercado visado	☑ Residencial ☑ Comercial e pequenas indústrias ☑ Grandes indústrias		
Barreiras de políticas*	3 – Incentivos divididos ou mal colocados aos provedores de energia 6 – Falta de consciência das oportunidades de eficiência energética 7 – Informação imperfeita (acesso restrito às informações dos consumidores) 8 – Competição inadequada (problemas no mercado de energia) 10 – Falta de paradigma adequado (para avaliar o valor da eficiência energética) 12 – Pouca experiência em transformação do mercado (para os usuários finais ou outros) 13 – Falta de *expertise* disponível (em eficiência energética nos períodos de transição)		
Barreiras de programas*	2 – Falta de informação para os usuários finais 5 – Falta de experiência quanto aos impactos nos usuários finais e outros agentes de mercado 7 – Indisponibilidade de produto ou serviço		
Promoção	Governo		

[58] "A avaliação ex-post tem sido um dos pontos mais fracos dos programas de EE, já que nenhuma informação confiável pode ser extraída do histórico dos programas de EE até hoje. Uma avaliação confiável e independente poderia contribuir de forma significativa para o aprendizado sobre o custo benefício de programas de EE, apontar para uma maior colaboração e muito provavelmente ajudaria a atrair outros agentes que poderiam participar e expandir os programas das prestadoras de serviço público" (JANNUZZI, 2005, p. 9).

Iniciativa	Governo
Desenvolvimento	Companhias de eletricidade e órgão regulador
Implementação	Companhias de eletricidade e órgão regulador
Agentes envolvidos	Companhias de eletricidade, usuários finais, ESCOs
Financiamento	Fundos das companhias de eletricidade para programas comerciais Orçamento governamental para benefícios sociais
Impactos no mercado de eletricidade	Nova oportunidade de negócio para as companhias de eletricidade Perda de receita causada pela redução de vendas Custos maiores para administrar o programa de aquisição
Experiência anterior	*Austrália* – aquisição de ações em GLD para reserva de capacidade em Victoria *Japão* – aquisição de ações em GLD para acumulação térmica em sistemas de ar condicionado pela TECO *EUA* – aquisição de ações em GLD por mecanismos de regulação

* Para explicação destes termos, ver item 3.2.4 abaixo.
Fonte: IEA (2000, p. 278).

A Tabela 11 merece uma série de esclarecimentos e comentários que serão feitos nos itens a seguir.

3.2.1 Mecanismos, programas e barreiras

Antes de entrar na discussão do mecanismo propriamente dito, vale comentar que a IEA faz uma distinção entre mecanismo e programa de GLD, assim como classifica as barreiras ao GLD em barreiras que podem ser tratadas com políticas (*policy barriers* que, por facilidade, doravante chamaremos de *barreiras de políticas*) ou com programas (*program barriers*, chamadas daqui em diante de *barreiras de programas*). As barreiras de políticas refletem uma perspectiva da sociedade, que devem ser tratadas por políticas públicas, e são "qualquer fator que limite a promoção de eficiência energética na sociedade" (IEA, 2000, p. 37). Exemplos de barreiras de políticas são o excesso de capacidade do sistema, a perspectiva de curto prazo dos provedores de energia, ou os incentivos divididos (algumas empresas são motivadas a praticar GLD e outras não). A IEA lista 14 barreiras de políticas. As barreiras de programas refletem uma perspectiva do usuário final, que podem ser tratadas com programas. São exemplos de barreiras de programas o baixo custo da energia, falta de informação do próprio consumo ou dos provedores de energia disponíveis, ou o custo de buscar informação em eficiência energética. São apontadas 10 barreiras de programas.

Os mecanismos são "iniciativas que visam superar as barreiras de políticas e programas que impedem a busca de atividades de GLD e eficiência energética viáveis economicamente e a realização de metas nacionais de energia" (IEA, 2000, p. 3). Os mecanismos auxiliam a implementação de programas e são direcionados às organizações que desenvolvem e implementam estes programas. Já os programas visam o consumidor final, buscando mudar o seu comportamento em relação ao GLD e eficiência energética. Por exemplo, o leilão de eficiência energética é um mecanismo e um programa pode ser aumentar a eficiência do uso de força motriz na indústria através de ofertas ao leilão de redução de energia pelo seu uso mais eficiente.

3.2.2 Descrição do mecanismo

O mecanismo descrito assemelha-se muito ao DSB americano comentado no item 3.1. A IEA comenta que "essencialmente [...] funciona como um leilão para as propostas especificadas" e "pode ser usado em bases puramente comerciais para selecionar a opção de oferta pelo lado da demanda mais vantajosa economicamente, possivelmente em competição direta com opções do lado da oferta", podendo "ser solicitadas em conjunto e avaliadas pelo mesmo critério, solicitadas ao mesmo tempo porém avaliadas separadamente por diferentes critérios ou solicitadas e avaliadas em diferentes momentos" (IEA, 2000, p. 279). Afirma ainda que, quando o preço da eletricidade é regulado, a mais simples e eficiente forma para financiamento do mecanismo é permitir à companhia de eletricidade o repasse dos custos do programa às tarifas. Estas opções de leilão foram apresentadas pela EPE no *workshop* de dez.2006 sobre o leilão de eficiência energética no Brasil (ver item 4), onde o repasse às tarifas foi debatido, com opiniões contra e a favor, e opções apresentadas, como o uso da taxação já existente. O assunto será retomado no item 4.

O mecanismo envolve os seguintes passos: projeto da RFP; propostas por ESCOs e clientes; seleção das propostas por critério competitivo; determinação de tamanho e escopo do programa; negociação dos contratos para as propostas escolhidas; implementação das medidas; monitoração e avaliação. Avalia a IEA que o mecanismo produz resultados semelhantes aos dos planejamento integrado de recursos (PIR) e pelo custo mínimo, com as seguintes vantagens:

- Resulta em projetos pelo lado da demanda implementados ao invés de planos;
- Estabelece-se um processo para engajar vários participantes do mercado, o que é coerente com a reforma competitiva do mercado;
- A abordagem é flexível e pode ser usada na fase de transição da reestruturação da indústria de eletricidade;
- O processo promove resultados economicamente eficientes;
- As necessidades de regulação são minimizadas;
- Há incentivos equânimes às companhias de eletricidade.

Ressalta a IEA (2000, p. 280) importantes questões a considerar na formulação de um programa:

- Os méritos relativos para restringir ou expandir o escopo da RFP;
- A avaliação dos critérios a serem usados;
- Uma abordagem por custo mínimo versus integrada;
- A alocação dos riscos de *performance* e desenvolvimento;
- A provisão de recursos para avaliar os resultados do programa.

O mecanismo será atrativo para as companhias de eletricidade se atender às suas necessidades de energia por um custo menor. A maior barreira para implementação do mecanismo

é a falta de conhecimento e experiência das companhias de eletricidade. Neste sentido, afirma a IEA, os governos poderiam incentivar criando um centro de informação que fornecesse referências sobre projetos bem sucedidos, formas de contratos padrão, lista de provedores de serviços de energia, etc. Poderiam também incentivar financeiramente as companhias de eletricidade que quisessem implementar o mecanismo, reconhecendo os benefícios de se explorar os recursos pelo lado da demanda, através de encargos nas tarifas, por exemplo. Para o caso do Brasil, estas questões serão retomadas no item 4 – no entanto, a configuração centralizada do sistema elétrico brasileiro, a aquisição de energia pelo sistema de pool e outros fatores que serão discutidos sugerem uma abordagem centralizada.

O apoio à indústria de ESCOs estimularia o mecanismo. Os governos poderiam, segundo a IEA:

- Prover serviços de apoio ao desenvolvimento padrão de ESCOs;
- Licenciar ou certificar as ESCOs para proteção do usuário e aumentar a confiança nas ESCOs e nos contratos de *performance*; esta certificação poderia ser feita por uma associação da indústria supervisionada por agência governamental;
- Otimizar o processo de aquisição pela padronização de documentos e procedimentos;
- Apoiar financeiramente a criação de Associação de ESCOs e o uso de contratos de *performance*;
- Desenvolver uma rede de financiamento por terceiros e promover esforços de diversos agentes, incluindo as ESCOs, para financiar contratos de performance.

No Brasil, a ABESCO já existe desde 1997; já houve estudos para certificação de ESCOs (MORENO, 2003, p. 14), já há uma norma brasileira para certificação de ESCOs no padrão ISO 9001[59] e atualmente uma das garantias de financiamento pelo PROESCO[60] é a "certificação da viabilidade técnica feita por instituição capacitada" (BNDES, 2007).

A abordagem da IEA denota a falta de experiência concreta do mecanismo fora dos EUA, embora reconheça o seu potencial. Fica ressaltada novamente a importância das ESCOs no processo e nos contratos de *performance*, que são a base do mecanismo. As ações de M&V, embora ditas necessárias, não recebem maior atenção. É ressaltada a importância que o mecanismo pode ter no planejamento energético. Enfim, assim como no Brasil, o mecanismo é considerado como um importante meio – a implantar – para exploração ótima dos recursos pelo lado da demanda.

---

[59] NBR15075: Sistemas de gestão de qualidade - Requisitos particulares para aplicação da ABNT NBR ISO 9001:2000 para empresas de serviços de conservação de energia (ESCO) (ABNT, 2007).

[60] Apoio a Projetos de Eficiência Energética – PROESCO é um projeto de financiamento do BNDES a projetos de eficiência energética, cujos clientes são as ESCOs e usuários finais de energia (BNDES, 2007).

3.2.3 Interferência com outros mecanismos

O mecanismo pode apoiar outros mecanismos que impõem ações em eficiência energética como: C1 – aquisição obrigatória de eficiência energética; C2 – exigência de ação em eficiência energética na concessão de operação; C4 – GLD e eficiência energética como alternativa de expansão da rede; S7 – acordos voluntários para eficiência energética. Complementa o mecanismo M11 – Oferta de recursos da demanda nos mercados competitivos[61]. Apóia também o S4 – desenvolvimento da indústria de ESCOs e M8 – contratos de *performance* em energia.

Também a IEA considera que não há um mecanismo que possa por si só promover a eficiência energética de modo efetivo. Um conjunto bem escolhido deles, porque sempre haverá interferências mútuas, é que pode explorar bem o potencial de uso mais eficiente da energia.

3.2.4 Barreiras

Quais as barreiras (de políticas ou de programas) que este mecanismo pode ajudar a quebrar? A IEA aponta as barreiras atingidas por este mecanismo, sem, no entanto, fazer maiores comentários sobre a maneira por onde isto se dá.

3.2.4.1 Barreiras de políticas

- **3 – Incentivos divididos ou mal colocados aos provedores de energia**

Os provedores de energia podem não estar motivados a usar o GLD, embora outras organizações estejam (ou seja, há uma disputa entre o interesse privado dos provedores de energia contra o interesse público). Em um mercado competitivo, pondera a IEA (2000, p. 38), esta barreira pode ser exacerbada ou resolvida, dependendo da perspicácia dos provedores de energia e dos reguladores.

Este fenômeno pode ser observado no Brasil, em relação ao PEE regulado pela ANEEL – enquanto algumas concessionárias, principalmente no inicio do programa há quase dez anos, procuravam executá-lo com um mínimo de esforço, outras encaravam como oportunidade de *fidelizar* o cliente.

O mecanismo leva a encarar o GLD e eficiência como negócio, tanto quanto a geração.

- **6 – Falta de consciência das oportunidades de eficiência energética**

Esta barreira pode crescer em um mercado competitivo, onde os provedores de energia e consumidores focalizam o preço da energia. Uma exceção se dá quando os provedores encaram a eficiência energética como diferencial de mercado, o que já faz parte da estratégia de

---

[61] Este mecanismo, embora envolva venda de energia e potência pelo lado da demanda, tem um caráter mais de curto prazo, visando o ajuste do sistema elétrico usando também recursos pela demanda como, por exemplo, a disponibilidade de desligamento de cargas para reequilíbrio momentâneo do sistema em caso de perturbação.

algumas concessionárias brasileiras. Este mecanismo ajuda a despertar esta consciência, na medida em que sua falta representa uma perda de negócio. Um ponto não abordado pela IEA, e nos parece importante no cenário brasileiro, é a falta de crença na redução de consumo trazida pela eficiência energética, principalmente quando associada a alternativa para suprimento de mercado de eletricidade. A impressão que se tem é que a prática da divulgação de números estimados por longo tempo, sem atividades de M&V correlatas, provocou esta descrença e que, portanto, o estabelecimento de um processo rigoroso de M&V no processo de leilão é fundamental para vencer esta barreira.

- **7 – Informação imperfeita (acesso restrito às informações dos consumidores)**

As informações de consumidores podem ficar restritas aos maiores provedores (ou dominantes na região, como no caso brasileiro), a menos que ações regulatórias sejam tomadas. A busca pelo mercado de eficiência ajuda a quebrar esta barreira.

- **8 – Competição inadequada (problemas no mercado de energia)**

Esta barreira se refere ao poder de mercado que os maiores provedores de energia (ou dominantes na região) podem alcançar. É de se esperar que este problema diminua em um mercado com mais competidores, aumentando a possibilidade de maior emprego de eficiência energética, o que pode ser alavancado com este mecanismo. No Brasil, a competição se dá no mercado livre, que já representa uma parcela significativa (24% - EPE, 2007).

- **10 – Falta de paradigma adequado (para avaliar o valor da eficiência energética)**

No planejamento energético tradicional, a tendência é focalizar os grandes centros de produção como geradores de confiabilidade ao sistema (o que se nota bem ainda no Brasil, com a priorização de grandes projetos de geração, ditos "estruturantes"). Assim, o valor da eficiência energética fica diluído, o que pode ser diminuído com este mecanismo.

- **12 – Pouca experiência em transformação do mercado (para os usuários finais ou outros)**

Os usuários finais e os agentes de mercado têm pouca experiência em sistemas baseados no mercado e promoção de eficiência energética a partir da base. A IEA (2000, p. 40) avalia que esta barreira deva diminuir com o tempo, à medida que maior atenção seja dada à eficiência energética, incluindo as iniciativas de transformação de mercado. Este mecanismo promove, sem dúvida, uma maior interesse por projetos de eficiência energética, transformando o mercado. No Brasil, o PEE trouxe maior interesse na eficiência energética, porém as constantes mudanças de regras e mercados visados ainda não construíram um mercado sustentável.

- **13 – Falta de *expertise* disponível (em eficiência energética nos períodos de transição)**

A IEA avalia que, no período de transição para um mercado competitivo, pode haver falta de *expertise* em eficiência energética, quando o foco das companhias de eletricidade estiver em fornecer energia a baixo custo, o que também deve diminuir à medida em que a

competição forçar mais serviços em eficiência energética. O PEE sofreu bastante com isto, pois as recém-privatizadas concessionárias focalizavam, e ainda o fazem, a redução dos custos internos. As oportunidades de venda de eficiência energética trazidas com o mecanismo ajudarão a superar esta barreira.

3.2.4.2 Barreiras de programas

- **2 – Falta de informação para os usuários finais**

A IEA menciona 2 aspectos: falta de informação do próprio consumo e dos possíveis provedores de energia. No primeiro aspecto, menciona até falta de medição em apartamentos (IEA, 2000, p. 41) ou a falta de contas mensais. Outro ponto importante seria o não conhecimento da distribuição da energia consumida pelos diversos setores e equipamentos, mesmo em indústrias. Um programa de venda de eficiência energética teria certamente que levantar maiores informações sobre o consumo e ajudaria a vencer esta barreira. O segundo ponto mencionado pela IEA refere-se ao conhecimento pelos usuários dos possíveis fornecedores de energia, o que pode crescer com a entrada de mais fornecedores ou decrescer se eles fornecerem mais informações, ou uma organização neutra o fizer. A disputa por projetos de eficiência energética também serviria para quebrar esta barreira.

No caso brasileiro, isto se aplica ao mercado livre – consumidores com demanda acima de 3 MW, e àqueles possíveis compradores de energia alternativas, com demanda acima de 500 kW (resolução ANEEL 247/2006).

- **5 – Falta de experiência quanto aos impactos nos usuários finais e outros agentes de mercado**

Quatro aspectos são apresentados, relacionados aos impactos negativos no uso de energia pelo dono da instalação:

- *Falta de experiência com medidas de eficiência energética comprovadamente viáveis economicamente*: isto resulta em falta de consciência das oportunidades com eficiência energética. Pode haver também a entrada de novos atores (ESCOs) no mercado com pouca experiência em eficiência energética, agravando o problema.
- *Incerteza na performance*: os consumidores e outros agentes não confiam no resultado das medidas de eficiência energética, principalmente quando não tiveram experiência prévia. Novos atores (ESCOs) também complicam a situação.
- *Relutância em adotar novas tecnologias*: os consumidores e outros agentes de mercado são relutantes em adotar tecnologias novas ou inovadoras. Em mercados competitivos, a oferta de tecnologias com pouca experiência comprovada deve aumentar.
- *Quebra da rotina*: os usuários finais temem a quebra da rotina provocada pela introdução de medidas de eficiência energética, em especial quando não há experiência anterior e quando exigem interrupção da produção ou desocupação de espaços.

O mecanismo pode auxiliar na superação de todos estes aspectos, na medida que oferece boas oportunidades de negócio. No Brasil, eles não são menores, ao contrário, nota-se uma tendência de só se implantar algo que já deu resultado em algum lugar, tornando os primeiros investimentos mais difíceis. O Sebrae-RJ, por exemplo, adota a técnica de "unidades de demonstração"[62] (GTZ, [199-]), implantando medidas de eficiência energética em algumas empresas e programando visitas a essas unidades para convencimento da eficácia das medidas.

- **7 – Indisponibilidade do produto ou serviço**

A disponibilidade de tecnologias e *expertises* em eficiência energética pode ser limitada por: (a) a tecnologia ainda estar em desenvolvimento; (b) não haver fabricação nacional e não haver ninguém preparado para importar; (c) a tecnologia estar suprimida por direitos adquiridos. Em mercados competitivos, esta barreira pode diminuir se os provedores de energia venderem eficiência energética, os usuários demandarem produtos mais eficientes, esforços para aquisição destes produtos forem introduzidos e financiamentos estarem disponíveis; ou pode aumentar, se os fundos para P&D decrescerem, as taxas de importação forem altas, ou houver direitos adquiridos impedindo a entrada da nova tecnologia (IEA, 2000, p. 43). No Brasil, esta é uma barreira constantemente citada, principalmente no início das ações em eficiência energética, quando havia poucos produtos nacionais e a importação era difícil (GELLER, 1994, p. 77). Hoje as condições são bem melhores, tanto pela capacidade da indústria nacional quanto pela facilidade de importação (LEONELLI, 2006, p. 29).

Como se vê, são muitas as barreiras que o mecanismo ajuda a quebrar. A IEA comenta que, dos 25 mecanismos estudados, 11 são particularmente úteis (entre eles o M10 em questão) para tratar as barreiras políticas, já que respondem a 7 ou mais destas barreiras (IEA, 2000, p. 17). O M10 é também classificado como um mecanismo de transformação de mercado (de público para competitivo), na medida em que altera a maneira pela qual o GLD e a eficiência energética é adquirida ou buscada. No Brasil, esta transformação do mercado parece ser o grande papel que o leilão de eficiência energética poderia buscar.

3.2.5 Efeitos na Reestruturação da Indústria de Eletricidade

A IEA afirma que a desverticalização não tem efeito neste mecanismo porque ele pode ser executado em qualquer estrutura da indústria de eletricidade (IEA, 2000, p. 282). Porém, o interesse nele das empresas do setor muda radicalmente, como salientou Pinhel (EPE, 2006e, p. 26-27), ao expor o ponto de vista das concessionárias em relação ao leilão de eficiência energética no Brasil, contrapondo-o às dos EUA, que geram sua própria energia, cujo programa de DSB fora exposto por Geller ao abrir os trabalhos, no *workshop* promovido pela EPE:

---

[62] "Ao todo são oito empresas, das quais três pertencentes ao setor de cerâmica vermelha, duas são de recauchutagem de pneus e três de panificação. Todas estão abertas a programas de visitas, em que são divulgados os resultados práticos em termos de maior qualidade de produto e redução de custos, obtidos por meio da maior eficiência no uso da energia e de outros recursos da produção" (GTZ, [199-], p. 2).

> Em relação à proposta do Geller, existem diferenças significativas dos modelos americano para o brasileiro: no americano, os projetos de GLD são geridos pelas concessionárias, que são verticalizadas, tendo que investir na oferta, tendo o interesse de vender energia ao mais baixo custo ao consumidor, custo que, muitas vezes, é mais baixo nos projetos de Eficiência Energética. No Brasil, o objetivo das distribuidoras é gerir seus ativos de forma eficiente: mitigar custos de inadimplência, perdas, investimentos a menor custo, atendimento, qualidade de serviço, etc. Dentro desta ótica, não há espaço, a não ser o programa obrigatório do PEE, para projetos de eficiência energética, porque a percepção de risco é muito grande. Houve uma discussão, inclusive com o MME, sobre que tipo de incentivo uma distribuidora teria para demandar projetos para o leilão, e houve sérias dúvidas a respeito. Há muita percepção de risco: a medição e verificação, dificuldade de implantação, fatores exógenos, etc. A distribuidora deve ser apenas uma tomadora de contratos (EPE, 2006e, p. 26-27).

Já no aspecto comercialização/privatização e sob competição, a IEA considera que o mecanismo é muito mais útil nessas condições, já que as companhias de eletricidade podem ganhar vantagem competitiva introduzindo a aquisição competitiva de recursos de GLD e oferecendo serviços de eficiência energética aos seus clientes. No Brasil, algumas concessionárias percebem esta vantagem e se valem do PEE para prover serviços de eficiência energética aos clientes. O mercado livre é um grande potencial, porém o custo da eletricidade ainda é aí muito baixo (o que vem se alterando nos últimos anos).

A IEA também analisa a condição de execução do mecanismo no período de transição de estrutura do mercado de eletricidade, considerando que não há problemas neste sentido, visto que ele opera "fora" do mercado. Entretanto, salienta a IEA (2000, p. 282), contratos de longo prazo podem ser difíceis de promover se a estrutura e propriedade da indústria está mudando.

3.2.6 Resultados Potenciais

A IEA considera que o mecanismo é capaz de promover tanto a eficiência energética quanto a redução de demanda na ponta, dependendo dos objetivos do proponente, que fará a requisição de propostas adequada. Considera também que o mecanismo alcança estes objetivos de forma direta.

3.2.7 Experiência Anterior com o Mecanismo

A experiência mais significativa é a do DSB dos EUA, discutida no item 3.1. Houve uma experiência na Austrália para aumentar a reserva do sistema no verão de 1997/98, em que dois comercializadores propuseram cargas a desligar em caso de necessidade (um processo conhecido como redução de carga - *load shedding*, onde o sistema, em caso de sobrecarga, se reequilibra pelo desligamento de cargas e não por mais geração). Não houve necessidade de corte. Este é um sistema possível para o Brasil em caso de gargalo no sistema de transmissão, já que na geração as hidrelétricas têm baixo fator de capacidade e podem rapidamente suprir eventuais sobrecargas.

No Japão houve também uma experiência para aquisição de redução de demanda por acumulação térmica em edifícios, tanto no projeto como existentes. A companhia de eletrici-

dade solicitante, a TEPCO, comprou 14 MW de deslocamento de carga na ponta, tendo previsto inicialmente chegar a 10 MW.

3.2.8 Agentes Promotores

Neste item, a IEA coloca algumas perguntas para cada mecanismo (IEA, 2000, p. 284): quem promove este mecanismo, e por que; quem introduz o desenvolvimento do mecanismo; quem na prática projeta e desenvolve o mecanismo; quais os agentes responsáveis por executar atividades oriundas do mecanismo; e quais os agentes que concretizam os resultados do GLD e eficiência energética.

A IEA considera que cabe ao Governo promover o mecanismo para atingir seus objetivos de eficiência energética, estimular o mercado competitivo de serviços de energia e não interferir significativamente na reestruturação da indústria de eletricidade e reforma do mercado (IEA, 2000, p. 284), situação que se encaixa bem no caso brasileiro.

Para introduzir o mecanismo, propõe que seja uma agência governamental ou reguladora responsável pela administração de algum programa obrigatório de eficiência energética, e/ou a agência governamental com responsabilidade para alcançar resultados em eficiência energética. No Brasil, deveríamos ter a participação da ANEEL, que já regula o PEE, o PROCEL, que tem ação histórica em eficiência energética em eletricidade e a EPE, no que diz respeito ao planejamento energético e condução do leilão.

Para concretamente projetar e desenvolver o mecanismo, a IEA sugere as companhias de eletricidade, em especial aquelas com obrigação de atingir resultados em eficiência energética, com o apoio das agências regulatórias governamentais. No Brasil, não parece ser esta a melhor opção, visto que as concessionárias não vêem o leilão como parte de seu negócio e o consideram de alto risco (ver item 3.2.5 acima) – parece-nos que a opção da EPE, aproveitando a *expertise* adquirida com os leilões de oferta, com o apoio do PROCEL, seria mais adequada.

Quanto aos agentes responsáveis por executar as atividades oriundas do mecanismo a IEA cita as companhias de eletricidade. Novamente, no caso do Brasil, a melhor opção seria a EPE, com apoio do CCEE e PROCEL.

Quem realmente concretiza os resultados de GLD e eficiência energética: as companhias de eletricidade, usuários finais, ESCOs e centros de energia.

3.2.9 Condições Importantes para a Efetiva Implantação

Neste item, as perguntas são (IEA, 2000, p. 284): pode o mecanismo sustentar-se por si próprio ou é necessário ser parte de um conjunto; e quais são os requisitos básicos institucionais e de mercado.

A IEA considera que o mecanismo provê os meios para atingir um fim; outros mecanismos são necessários para dar motivação e suporte financeiro para levar a cabo a aquisição

de GLD e eficiência energética. Para evitar o domínio das maiores ESCOs, como se viu no item 3.1.9, é preciso um amplo programa de capacitação de ESCOs e usuários para participar do processo e conseguir o financiamento das medidas e criar, especialmente no caso brasileiro, um arranjo para a certificação dos procedimentos de M&V que dêem transparência e confiança à sociedade da energia realmente retirada do sistema. No Brasil, o mecanismo financeiro de apoio já está criado – o PROESCO, e em fase final para atingir o mercado. Segundo o BNDES, como acentuou Mello (EPE, 2006e, p. 32) em sua palestra ao workshop sobre leilão de eficiência energética no Brasil, "não é necessária adaptação do PROESCO para os leilões de eficiência energética, a dotação inicial de 100 milhões de reais não é restritiva a ampliações".

Quanto à segunda questão, a IEA indica requisitos legislativos ou regulatórios para o desenvolvimento do mecanismo, um grau de experiência dos clientes e uma indústria de ESCOs desenvolvida, e um arcabouço legal para apoiar os contratos de *performance*. No Brasil, a compra de eficiência energética para atendimento da carga prevista pelas concessionárias teria que ser regulamentado, a experiência dos usuários e a indústria de ESCOs seriam estimuladas com o próprio desenvolvimento do mecanismo e, quanto aos contratos de *performance*, a questão chave parece ser a confiança nos procedimentos de M&V, com um possível mecanismo de arbitragem para resolver eventuais contendas.

3.2.10 Financiamento

As questões colocadas neste item são: que recursos são necessários para a fase de projeto e desenvolvimento, e como serão financiadas as atividades oriundas deste mecanismo.

A IEA (2000, p. 284) propõe que as atividades preliminares de projeto e desenvolvimento sejam executadas como parte das atividades de negócio dos proponentes da aquisição competitiva. Quanto à segunda questão, num programa estritamente comercial, as atividades seriam financiadas pelos proponentes. Se o financiamento para benefícios sociais for disponível, os agentes deveriam ser ressarcidos de parte de seus custos pelo governo através de um mecanismo de financiamento. No Brasil, a primeira fase deveria ser financiada pelo próprio MME, pois é do seu interesse atingir as metas de eficiência energética projetadas (ver item 1.4.5). Para a segunda fase, parte dos recursos poderiam provir do PEE (proposta feita por Jannuzzi no *workshop* sobre leilão de eficiência energética – EPE, 2006e, p. 43), ou constituir-se em novo repasse às tarifas, já que o atendimento do mercado seria feito por alternativa mais barata que nova geração.

3.2.11 Impactos nas Companhias de Eletricidade

Se uma companhia de eletricidade está buscando recursos pela demanda, argumenta a IEA (2000, p 285), possivelmente atendendo a requisitos regulatórios, alguma despesa adicional e tempo de pessoal serão necessários, embora talvez não sejam significativos. Se isto não for feito adequadamente, tornará estes recursos um pouco mais caros para a companhia. Por

outro lado, a companhia de eletricidade pode estar buscando recursos pela demanda por outro motivo – neste caso, o mecanismo representa uma oportunidade de negócio e as despesas serão avaliadas segundo uma perspectiva comercial de retorno potencial. A longo prazo, os custos para a companhia de eletricidade de redução das vendas podem tornar-se significativos. Contudo, as companhias de eletricidade terão a oportunidade de mitigar estes custos desenvolvendo novas oportunidades de negócio para suprir serviços de energia para seus clientes.

Não é fácil uma distribuidora de eletricidade, como no Brasil, perceber a eficiência energética como oportunidade de negócio pois, afinal, está reduzindo suas vendas[63]. É preciso que a competição esteja mais desenvolvida para que a oferta de mais serviços junto com o simples fornecimento de energia seja vista como vantagem competitiva. No PEE, algumas concessionárias implementaram medidas de eficiência energética em clientes inadimplentes crônicos (universidades, hospitais públicos, etc.), como forma de reduzir o seu prejuízo, ou em suas próprias instalações, mostrando claramente que a visão de oportunidade de negócio não existia[64].

3.2.12 Arcabouço Político-Institucional

Neste item, a IEA coloca a pergunta: quais são os requisitos de políticas públicas? Alguns requisitos padrão, dependendo da pertinência ao mecanismo, são comentados.

- *Compromisso do Governo*: Governo e ESCOs devem estar comprometidos em desenvolver um mercado de eficiência energética e serviços de energia competitivo e alocar recursos internos significativos para promover o mecanismo.
- *Requisitos legislativos e regulatórios*: nova ou mudança na legislação pode ser necessária para possibilitar ou encorajar o mecanismo. Uma decisão importante é se os provedores de GLD e eficiência energética vão competir entre eles ou com os fornecedores de geração também.
- *Estabelecimento de mecanismos de financiamento*: a IEA considera que a maior parte do financiamento proverá de fundos internos das companhias de eletricidade. Fundos do Governo podem ser necessários para demonstração. Outros fundos devem ser explorados, como repasse às tarifas e taxa de benefício público.
- *Desenvolvimento e implementação de programas públicos de informação*: estes programas devem destacar os benefícios ambientais, financeiros e de sustentabilidade da eficiência energética. Programas de informação também serão necessários para os principais agentes do mecanismo (companhias de eletricidade, ESCOs e usuários).

---

[63] "Atualmente, as prestadoras de serviço público não tem incentivo para promover bons programas de eficiência energética (especialmente aqueles que reduzem kWh) já que têm impactos negativos nas vendas de eletricidade e conseqüentemente afetam lucros corporativos" (JANNUZZI, 2005, p. 48-49).

[64] [...] os próprios fatos demonstraram uma concentração de investimentos em atividades de redução de custos e perdas técnicas para as quais não seriam necessárias atividades de regulação em empresas privadas" (JANNUZZI, [2002?], p. 8).

- *Avaliação periódica*: a eficiência do mecanismo deve ser avaliada periodicamente.

No Brasil, o comprometimento do Governo parece ser essencial; já as ESCOs o terão na medida do seu interesse de maior mercado de eficiência energética; os requisitos legislativos já foram comentados acima e tudo indica que leilões separados para GLD são mais adequados; a questão do repasse às tarifas ou uso do PEE também já recebeu considerações; programas de conscientização e treinamento são essenciais, assim como um processo de certificação dos processos de M&V.

3.2.13 Problemas Identificados com o Mecanismo

A pergunta colocada pela IEA neste item é: quais são os problemas reais e percebidos com este mecanismo? Aponta (IEA, 2000, p. 286) o grande tempo requerido para desenvolver a requisição de propostas, para identificar os provedores (como as ESCOs) e para elaborar e estabelecer os contratos. Cita ainda que uma RFP bem feita necessita de dados quantitativos de potenciais de eficiência energética nas diversas medidas visadas e que os custos de transação podem ser altos. Finalmente, aborda a questão do repasse às tarifas que, se utilizado, pode trazer reações contrárias.

Estes problemas parecem indicar novamente que, no Brasil, as concessionárias não vão assumir a condução do mecanismo, sendo apenas "tomadores de contrato". Há necessidade de uma entidade governamental que desenvolva os procedimentos de elaboração de requisições, qualificação de provedores e medidas, estimativas de potencial, facilidades para reduzir os custos de transação e, principalmente, que a IEA não abordou, garanta os procedimentos e resultados de M&V. A questão do repasse às tarifas tem que ser bem esclarecida, no sentido que não representa ônus adicional para os demais (não-participantes) consumidores.

3.2.14 Impactos do Mecanismo

Neste item, a IEA (2000, p. 286) analisa os impactos do mecanismo em diversos aspectos: mercado, comercial/financeiro, na indústria de eletricidade e seus consumidores.

3.2.14.1 Impactos no mercado

A demanda por eficiência energética pode crescer, resultando em maior atividade comercial para ESCOs e outras organizações públicas e privadas, incluindo as financeiras. Este é o principal resultado esperado no Brasil.

3.2.14.2 Impactos comerciais/financeiros

O aumento da demanda por eficiência energética pode levar a um mercado de energia evitada ("negawatts"), que deverá ser coordenado por agência governamental. Esta é uma conseqüência interessante no Brasil, que pode bem casar com o processo de atendimento da demanda por leilões (ver item 1.4.5), e/ou também com a transformação do PEE em metas

físicas, constituindo-se algo semelhante aos “certificados brancos”, que será comentado adiante.

3.2.14.3 Impactos na indústria de eletricidade e consumidores

A diminuição de vendas e receitas pode afetar a competitividade das companhias de eletricidade. Entretanto, a perda de receita pode ser contrabalançada pelo aumento de negócios em fornecimento de eficiência energética e financiamento. Todos os setores de consumidores devem ser visados. Se um setor for privilegiado, então as políticas devem ser revistas, e este setor menos favorecido ou os demais encorajados. O mercado deve ser distribuído uniformemente pelas diversas ESCOs e companhias de eletricidade. Uma agência governamental deve supervisionar esta distribuição. Algum direcionamento e supervisão do mecanismo deve ser feito, porém minimizado para permitir o seu livre funcionamento e encorajar a competição entre ESCOs e companhias de eletricidade. Os custos de transação devem ser minimizados para todos os agentes.

Todas as observações se aplicam ao caso brasileiro. A perda de receita é uma severa barreira para a participação das concessionárias; pode ser uma política momentânea visar um setor ou outro, dependendo da conjuntura do setor elétrico, e também porque alguns setores são mais propensos ao mecanismo que outros; o predomínio de algumas ESCOs e a formação de barreiras à entrada de outras deve ser sempre monitorado e corrigido; o mecanismo deve ser estimulado porém não se pode perder de vista que o objetivo é o fortalecimento do mercado de eficiência energética; finalmente, é essencial azeitar o processo de contratação e M&V.

3.2.15 Avaliação do Mecanismo

A IEA diz (2000, p. 287) que, neste caso, a avaliação não foi muito clara pois houve dificuldades em se medir os resultados alcançados em eficiência energética e GLD (talvez pela experiência ter sido em um só país, com características específicas, como os EUA). É feita também uma avaliação da eficácia do mecanismo em relação a diversos outros aspectos, com notas de 1 a 5 ⧉.

Tabela 12 – Avaliação do Mecanismo

Eficácia previamente demonstrada	Nenhuma	⧉	⧉	⧉	⧉	Alta
Barreiras que ajuda a quebrar	Poucas	⧉	⧉	⧉	⧉	Muitas
Efeitos da reestruturação do mercado no mecanismo	Menos útil	⧉	⧉	⧉	⧉	Mais útil
Poder de transferência para outros países	Baixa	⧉	⧉	⧉	⧉	Alta
Flexibilidade (durante a mudança do mercado)	Baixa	⧉	⧉	⧉	⧉	Alta
Potencial de transformação do mercado	Baixo	⧉	⧉	⧉	⧉	Alto
Viabilidade financeira	Baixa	⧉	⧉	⧉	⧉	Alta
Impactos sócio-ambientais	Altos	⧉	⧉	⧉	⧉	Baixos

Fonte: IEA (2000, p. 287).

O mecanismo é, portanto, bastante útil na transformação do mercado. No Brasil, acreditamos que esta seja sua principal contribuição, criando mais confiança na eficiência energética como negócio e opção de atendimento ao mercado.

Após este estudo das experiências de venda de eficiência energética no mundo, apresentado neste capítulo 3, conhecidas as formas de leilão e sua aplicação à eficiência energética abordadas no capítulo 2, e o histórico e atual estado do sistema elétrico nacional e suas formas de expansão considerados no capítulo 1, pretende-se agora apresentar uma proposta de como implantar o mecanismo no Brasil.

4 PROPOSTA DE LEILÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA O BRASIL

Como mencionado na introdução desta tese, a proposta de um leilão de eficiência energética para atender à expansão do mercado de energia elétrica no Brasil foi considerada quando da elaboração do novo modelo do setor – no entanto, como havia muitas dúvidas a respeito do funcionamento deste mecanismo para eficiência energética, o modelo de oferta de nova energia precisava rapidamente mostrar consistência para afastar o temor de novo racionamento e havia um excesso de oferta, a questão foi postergada. O tema tem voltado à baila ultimamente, seja pelo novo cenário para a eficiência energética (LEONELLI, 2006)[65], seja pelas dificuldades de expansão do sistema, seja pelos cada vez maiores apelos ambientais. A WWF-Brasil publicou, em setembro de 2006, um estudo com um cenário alternativo para o setor elétrico brasileiro, supondo a adoção de uma "política mais agressiva em eficiência e implementação de mais fontes de energia renovável" (WWF-Brasil, 2006, p. 11). Entre as ações sugeridas, destacava-se a do leilão de eficiência energética:

> O governo deveria implementar leilões de eficiência energética, ou seja, determinar uma certa quantidade de energia a ser conservada (e/ou a potência retirada) e respectiva comercialização, que poderia ser feita através de órgão independente ou agência de governo, por exemplo. […]Entretanto, tal medida implica ter bons diagnósticos de potenciais de eficiência energética e os custos relacionados com conservação de energia. Além disso, exige uma grande capacidade de monitoramento e verificação por parte da agência responsável pelo mecanismo, que já tem sido aplicado internacionalmente, especialmente nos Estados Unidos (WWF-Brasil, 2006, p. 59-60).

Por sugestão de Geller (2006), a EPE organizou, em 7 dez.2006, um *workshop* para discussão do tema, reunindo os agentes do setor[66]. Houve várias apresentações, discussões e propostas, cujo resultado será aproveitado neste trabalho para formular um dos possíveis modelos de leilão de eficiência energética no Brasil. A programação foi a apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 – Programação do *workshop* EPE de 7 dez.2006

Painel: Leilão de Eficiência Energética no Brasil	
O Leilão de Eficiência Energética e o Novo Modelo do Setor Elétrico	Mauricio Tolmasquim (EPE)
Demand-side bidding: a experiência dos EUA e proposta para o Brasil	Howard Geller (HF)
A visão do MME	Ceres Cavalcanti (MME)
A visão das ESCOs	Ricardo David (ABESCO)
A visão das Concessionárias	Antonio Pinhel (COELBA)
Debate	
Mesa-redonda: Financiamento e Medição e Verificação (M&V)	
Financiamento de Medidas de Eficiência Energética	Eduardo Mello (BNDES)

[65] Falando pelo MME, Leonelli citou as barreiras para implementação de eficiência energética na sua origem, nos anos 80s, hoje grandemente superadas: tarifas baixas e subsidiadas, falta de informação, insipiência tecnológica, marco legal inadequado, escassez de recursos, escassez de profissionais qualificados, resistência das concessionárias. E concluiu: "nunca as condições foram tão propícias!" (LEONELLI, 2006, p. 29).

[66] Participaram representantes de entidades governamentais (MME, MCT, EPE, Eletrobrás, Sebrae), Universidades, concessionárias, entidades de fomento à eficiência energética, centros de pesquisa, empresas privadas, sistema financeiro (Banco Mundial, BNDES), associações de empresas e ESCOs, reunindo mais de 80 pessoas, devido ao interesse despertado, já que a previsão inicial era de 20 a 30 participantes (EPE, 2006e).

Mesa-redonda: Financiamento e Medição e Verificação (M&V)	
Medição e Verificação (M&V)	Andreas Hahn (Consultor em Eficiência Energética)
Debate	
Mesa-redonda: Estratégias de implementação	
Setores e medidas prioritárias (alvo)	Roberto Schaeffer (COPPE)
Papel das concessionárias	Gilberto Jannuzzi (UNICAMP)
Barreiras institucionais e mercadológicas	José Roberto Moreira (USP)
Debate final	

Fonte: EPE (2006e).

As sugestões para a integração do leilão de eficiência energética com a oferta já foram apresentadas no item 1.4.5, retomando as sugestões de Tolmasquim (2006). Neste capítulo 4 serão discutidos alguns aspectos importantes do leilão (como os recursos a utilizar e a regionalização) e apresentado um modelo possível de leilão de eficiência energética no Brasil, retomando e concluindo muitas das discussões havidas nos três primeiros capítulos.

4.1 Oportunidade do leilão

O tema tem despertado interesse, como sinalizam o *workshop* da EPE de dez.2006 (ver nota de rodapé 66), o estudo da WWF (página 87) e os debates sobre eficiência energética. Algumas questões parecem justificá-lo:

- A expansão do sistema elétrico e o planejamento energético
- A questão ambiental
- A efetividade das ações de eficiência energética

4.1.1 A expansão do sistema elétrico e o planejamento energético

Esta questão foi abordada no item 1.4.5, que mostrou como o Novo Modelo do Setor Elétrico está estruturado para atendê-la e seus primeiros resultados. A expansão trará a maior incorporação de outras fontes além da hidrelétrica e custos mais altos de geração (ver os resultados dos leilões no item 1.4.5.1). O objetivo da modicidade tarifária, portanto, não pode prescindir de oportunidades de expansão útil mais barata como a eficiência energética.

A inclusão da eficiência no planejamento energético deve ser feita com ações efetivas, que se assemelhem à construção de nova usina (a usina "virtual"): objetivo, orçamento, estrutura específica, metas a atingir e, principalmente, medição e verificação. A energia evitada deve ser, para todos, tão crível quanto a nova energia gerada. No leilão, os oferentes assumem estas tarefas e arriscam-se com a perda do empreendimento se não atingirem a meta especificada. A medição e verificação, embora não seja exclusiva do leilão, é para este parte crucial, já que os pagamentos serão feitos contra ações de M&V. Nada mais adequado que o leilão para desenvolver uma estrutura de M&V que dê credibilidade às ações de eficiência energética.

Outra oportunidade para o leilão é o fato da expansão convencional já se utilizar deste mecanismo.

4.1.2 A questão ambiental

Este século está marcado por esta questão. O PNE 2030 aponta já para o esgotamento do potencial hidrelétrico brasileiro, além de sua exploração na Amazônia ter de enfrentar sérios obstáculos (EPE, 2007b, p. 151). A utilização maior de outras fontes – gás natural, nuclear, carvão, óleo combustível - agravará os impactos causados pelo sistema elétrico. A eficiência deve ser privilegiada neste cenário. O leilão, ao medir a energia evitada (ver item 5), possui intensa identificação com as técnicas utilizadas na venda de emissões (de gases de efeito estufa) evitadas no chamado "mercado de carbono", no qual se destaca, para o Brasil, o MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM, 2007).

4.1.3 A efetividade das ações de eficiência energética

Este é um desafio a ser enfrentado, no qual o leilão pode contribuir bastante implantando uma estrutura confiável de M&V (ver item 4.4.5) que, sendo imprescindível para o seu sucesso, pode estendê-la às demais ações de eficiência energética. No Brasil, há algumas ações de eficiência energética no setor elétrico que todos destacam (ver, por exemplo, Hollauer, 2007; EPE, 2006a): o PROCEL, o PBE, o PEE e a Lei de Eficiência Energética. Todas, entretanto, não possuem boas avaliações de seus resultados efetivos, o que não contribui para a credibilidade da eficiência energética. O Procel está fazendo avaliações mais cuidadosas de seus programas – no II CBEE (Congresso Brasileiro de Eficiência Energética), em set.2006, na cidade de Vitória – ES – foram apresentados 2 estudos sobre "Avaliação de Resultados do Programa do Selo PROCEL", conduzidos pelo Excen da Unifei, sobre *freezers* e refrigeradores[67] (HORTA NOGUEIRA, 2007) e lâmpadas fluorescentes compactas e circulares (CARDOSO, 2007). O Selo Procel é o programa que premia os equipamentos mais eficientes em cada categoria, cuja análise de desempenho é realizada segundo os critérios do PBE – os dois programas têm, portanto, muita afinidade e são constantemente confundidos. A ANEEL (POMPERMAYER, 2007, p. 14) reconhece os seguintes problemas na regulamentação atual do PEE:

- Demasiada ênfase em propostas e procedimentos
- Dificuldade (ou falta de rigor) na aferição dos resultados
- Inexistência de avaliação sistemática dos resultados alcançados
- Forte dependência de aprovação prévia da ANEEL

---

[67] O estudo concluiu que "os *freezers* e refrigeradores representam cerca de 28% do consumo total de energia elétrica no setor residencial. Foi estimado que em 2005, o Programa Selo PROCEL nesses equipamentos permitiu economizar 1012 GWh , reduzindo a demanda de ponta em 148 MW" (NOGUEIRA, 2007, p. 48), números que têm uma incerteza de 28% (*ibidem*, p. 39).

A Lei de Eficiência Energética teve algumas avaliações, com amostras pouco representativas, da regulamentação de motores trifásicos de indução – Garcia (2003), Schaeffer et al. (2005) e Garcia et al. (2007). Portanto, a medição e verificação é uma questão fundamental hoje, não só para o sucesso do leilão (cuja contribuição para tal será importante), como para a própria eficiência energética no país. O item seguinte analisa em maior detalhe os dados disponíveis, no tocante aos custos de implantação.

4.1.4 Custo dos programas e medidas de eficiência energética

Na análise do DSB nos EUA, concluiu-se (item 3.1.9) que o custo das medidas foi maior que nos programas de GLD, embora o custo da energia evitada tenha ficado abaixo do da expansão do sistema. Embora, como visto no item 4.1.3 acima, as mensurações sejam imprecisas, como este é um parâmetro para a avaliação do leilão, vale a pena considerar os dados disponíveis.

A Tabela 14 apresenta os dados informados (POMPERMAYER, 2007, p. 8) sobre o PEE, onde as duas últimas colunas foram acrescentadas como descrito em seguida à tabela.

Tabela 14 – Resultados do PEE por ciclo

Ciclo	Nº empresas	Investimento [M R$]	Demanda evitada [MW]	Energia economizada [GWh/ano]	Energia economizada [MW med]	Custo energia [R$/MWh]
1998/1999	17	196	250	755	86,2	45,95
1999/2000	42	230	370	1.020	116,4	39,91
2000/2001	64	152	251	894	102,1	30,09
2001/2002	64	142	85	348	39,7	72,22
2002/2003	64	154	54	222	25,3	122,77
2003/2004	64	313	110	489	55,8	113,28
2004/2005	64	175	275	925	105,6	33,48
2005/2006	64	296	141	538	61,4	97,37
2006/2007*	44	183	104	293	33,4	110,54
Média**		207	192	650	74,2	56,36
Total		1.640	1.841	5.484	626,0	52,93

* Até 15 jun.2007
** Entre 1998/1999 e 2005/2006
Fonte: Pompermayer (2007, p. 8) – exceto 2 últimas colunas.

O custo da energia foi estimado supondo-se uma vida útil dos projetos de 10 anos e uma taxa de desconto de 12%. Os custos foram bem menores que os obtidos para os programas dos EUA (ver item 3.1.4), cujos valores em US$/MWh assemelham-se aos da Tabela 14 em R$/MWh. A variação também é grande, o que pode ser resultado da diversidade de projetos a cada ciclo. No PEE, há também mudanças constantes na regulamentação o que pode explicar parte da variação – Pompermayer (2007, p. 6) cita 8 resoluções no período de 8 anos (1998 a 2005).

Separando-se as medidas por setor, a análise dos ciclos 2000/2001 a 2004/2005 apontou os valores da Tabela 15.

Tabela 15 – Resultados do PEE (ciclos 2000/01 a 2004/05)

Tipo de Projeto	Investimento Apropriado [R$]	Energia Economizada [GWh/ano]	Demanda Evitada [MW]	RCB	Custo energia [R$/MWh]	Vida útil [anos]
Iluminação Pública	374.608.281	797	175	0,48	130,39	5
Residencial	133.474.859	930	313	0,32	39,81	5
Industrial	95.992.780	376	59	0,32	45,18	10
Serviços Públicos	91.277.906	312	118	0,45	136,90	10
Educação	80.878.694	90	25	0,11	159,05	10
Comércio e Serviços	59.489.341	130	30	0,21	80,99	10
Poder Público	34.788.865	57	14	0,67	108,02	10
Aquecimento Solar	19.406.493	n.d.	n.d.	n.d.		5
Rural	14.568.725	83	9	0,25	31,07	10
Perdas	12.408.139	79	17	0,12	27,80	10
Gestão E. Municipal	11.470.338	n.d.	n.d.	n.d.		10
Fator de Carga	11.271.382	0,6	6	0,09	3.324,76	10
Total	939.635.803	2.853	765	0,37	58,29	10

Fonte: Pompermayer (2007, p. 9) – exceto as 2 últimas colunas.

Aqui também arbitrou-se o custo da energia evitada com uma taxa de desconto de 12% e vida útil indicada na última coluna para cada tipo de projeto. Os custos variaram bastante e os dos setores residencial e industrial parecem muito baixos. Já os custos dos ciclos mais atuais (2005/06 e 2006/07 – parcial) apresentaram maiores valores, como mostra a Tabela 16, talvez já refletindo a necessidade de comprovação (ainda que de apenas 0,1% do mercado) da energia evitada.

Tabela 16 – Resultados do PEE (ciclos 2005/06 e 2006/07 parcial)

Tipo de Projeto	Investimento Apropriado [R$]	Energia Economizada [GWh/ano]	Demanda Evitada [MW]	Custo energia [R$/MWh]	Vida útil [anos]
Residencial	304.857.404,19	511.502	183.488	165,34	5
Poder Público	58.054.933,90	64.786	16.525	158,60	10
Industrial	55.117.547,69	178.735	25.992	54,58	10
Serviços Públicos	26.355.705,27	38.899	7.706	119,91	10
Comércio e Serviços	22.862.519,95	27.067	6.103	149,49	10
Rural	6.389.850,12	7.634	3.597	148,14	10
Aquecimento Solar	4.623.665,12	1.355	1.335	946,60	5
Total	478.261.626,24	829.979	244.746	101,98	10

Fonte: Pompermayer (2007, p. 9) – exceto as 2 últimas colunas.

Os valores são bem mais altos, provavelmente mais perto da realidade. Caso isto se comprove, os custos ao leilão deverão ficar entre 100 e 140 R$/MWh (se não se computar a transmissão, distribuição e emissão de gases de efeito estufa evitadas).

O PROCEL também apresenta uma avaliação dos seus programas (SALVADOR, 2007, p. 24) obtidos em 2006, apresentados na Tabela 17, que, com a consideração dos parâmetros acima – taxa de desconto de 12% e vida útil de 10 anos – e o investimento total de 110 milhões de R$ no ano (*ibidem*, p. 26) significam um custo da energia evitada de 5,89 R$/MWh.

Esses custos referem-se, portanto, a apenas gastos administrativos assumidos pelo Procel, já que a sua implementação representa gastos de outros agentes[68], não computados. Para o leilão, a comparação com o PEE parece mais adequada.

Tabela 17 – Resultados do PROCEL em 2006

Programa		MWh/ano	kW
Procel Selo	89,0%	2.941.623	679.767
Procel Educação	7,5%	249.480	71.199
Procel Reluz	2,5%	82.290	18.790
Procel Marketing (Prêmio Procel)	0,9%	31.005	1.238
Procel GEM	0,1%	2.558	612
	100%	3.306.956	771.606

Fonte: Salvador (2007, p. 24).

Finalmente, a Lei de Eficiência Energética teve, no caso da substituição dos motores padrão por alto rendimento, um custo na ordem de 60 R$/MWh, como será em maior detalhe abordado no item 4.4.1.2.

4.1.5 Alternativa ao leilão – Certificados Brancos

Durante o *workshop* da EPE de dez.2006 (item 4), Schaeffer (2006) apresentou uma proposta alternativa de adoção inicial do mecanismo conhecido como Certificados Brancos (CBs) para desenvolver o mercado de eficiência energética no Brasil, com o leilão constituindo-se em uma segunda fase, após o desenvolvimento do mercado. CBs são papéis que comprovam que determinada quantidade de energia foi economizada, buscando atender a metas físicas de redução impostas às companhias de energia (ou a indústrias). São similares aos Certificados Pretos, que valem para a emissão de carbono à atmosfera e Certificados Verdes, de geração de energias renováveis. Este mecanismo cria um mercado de certificados para as empresas que não cumprem a sua meta ou o fazem parcialmente (SCHAEFFER, 2006).

A idéia, portanto, é que CBs substituam aos poucos o PEE, já que "metas físicas são muito mais eficientes que metas financeiras" (*ibidem*, p. 2). As concessionárias teriam que cumprir determinada meta física (na verdade, a versão atual do PEE já contempla a obrigatoriedade de economizar 0,1% do mercado – ANEEL, 2005b, p. 2) e, caso não o fizessem ou o fizessem parcialmente, pagariam multa, que poderia ser igual ao custo marginal de expansão na proposta de Schaeffer (*ibidem*, p. 2). Alternativamente, poderiam adquirir a energia em leilão de eficiência energética das concessionárias que tivessem ultrapassado a meta ou de outros agentes que quisessem participar como vendedores – consumidores livres, indústrias ou fabricantes de equipamentos. O preço-teto do leilão deveria ser limitado de 50 a 80% do custo marginal de expansão, garantindo a preferência por esta opção. Schaeffer aventa também a hipótese do leilão englobar, além de eletricidade, produtores, fornecedores e distribuidores de gás e petróleo, que passariam a ter obrigações de implementação de medidas de efi-

[68] Por exemplo, no Procel Selo, os usuários finais pagarão o preço a maior do equipamento.

ciência energética, consistentes com uma percentagem pré-definida de seu fornecimento anual de energia.

A vantagem deste mecanismo seria, por um lado, garantir que as medidas de mais baixo custo sejam implementadas, através da seleção feita pelo leilão e, por outro lado, que uma determinada meta seja atingida, através do mecanismo dos certificados.

Seria, portanto, menos uma alternativa ao leilão e mais uma forma de sua introdução no país. A sua eventual adoção, portanto, não invalida as demais considerações sobre o leilão feitas neste trabalho. A sua implantação, no entanto, deveria ser acompanhada de uma rigorosa exigência de comprovação da energia economizada, através de ações bem definidas de M&V, evitando-se a perpetuação da prática hoje dominante no PEE de não medição (ou medição pouco rigorosa) da energia retirada (ver item 4.1.3). Herdar esta prática para o leilão seria o grande risco desta alternativa.

Os CBs estão entrando fortemente no mercado europeu. A Tabela 18 mostra as metas de cada país e seu impacto no uso da energia.

Tabela 18 – Metas de Certificados Brancos na Europa

País	**Meta e período**	**% da demanda anual**
Dinamarca	7,5 PJ[69]/ano em 2006-2013	1,7% (final do ano)
França	194 PJ total em 2006-2008	1% (média)
Reino Unido	468 PJ total em 2005-2008	1% (média)
Itália	230 PJ total em 2005-2009	0,5% (média)
Holanda	65 PJ total em 2020	1,8% (final do ano)

Fonte: Schaeffer (2006).

Schaeffer propôs o esquema da Tabela 19 para introdução dos CBs.

Tabela 19 – Desenho de um esquema de Certificados Brancos

1.	Indicação de um órgão independente para emitir os CBs
2.	Definição clara dos CBs: tamanho, tecnologias, elegibilidade, validade, etc.
3.	Formulação das "regras do jogo": participantes do mercado, regras de cumprimento, etc.
4.	Estabelecimento de um sistema de registro e de sistemas de monitoramento e de verificação
5.	Formulação de regras de cumprimento e de penalidades
6.	Organização do resgate dos certificados

Fonte: Schaeffer (2006).

Para o caso brasileiro em particular, apresentou a seguinte proposta, conjugando CBs e leilões:

- Criação de CBs com metas anuais de redução de consumo específico de 1-3%/ano para todos os agentes ao longo dos próximos 5-10 anos

[69] 1 PJ = 0,28 TWh = 23,9 mil tep.

- Leilões de eficiência energética seriam adicionais às metas obrigatórias, e os valores leiloados seriam debitados das metas obrigatórias do vendedor no ano seguinte ou seguintes, dependendo dos montantes vendidos
- Mecanismo estimularia a aceleração do cumprimento das metas físicas individuais através da remuneração advinda do leilão, no caso do mercado de CBs não se mostrar líquido e/ou grande o bastante para absorver o potencial realizado
- Há que se estudar melhor as implicações da competição que poderá advir do comércio de CBs (se houver *déficit* de CBs no mercado) e os leilões de eficiência energética
- A experiência brasileira com o MDL será fundamental (1º ou 2º país mais importante do mundo)

Assim, o leilão seria desenvolvido para complementar o cumprimento das metas dos certificados brancos e poderia, em fase posterior, ganhar vida própria suprindo uma parte maior da expansão útil do mercado de energia.

O item seguinte analisa possíveis fontes de recursos para o leilão de eficiência energética.

4.2 Recursos a utilizar

Como visto no item 2.1, a ampliação do consumo útil do sistema elétrico através da venda de eficiência energética pode ser vantajosa para todos os agentes, tanto do ponto de vista do sistema elétrico, como para participantes e não-participantes das medidas de eficiência energética. A origem dos recursos seria a própria tarifa de eletricidade, majorada para atender aos projetos, assim como acontece com as novas usinas, com a vantagem de o ser a um custo inferior. Os custos administrativos, como divulgação, montagem do aparato necessário de M&V, o leilão em si, liquidação dos contratos, etc., assim como a avaliação sistemática e aprimoramento do processo seriam incluídos nos custos da energia economizada. A justificativa para tal seria poder desenvolver um potencial econômico de eficiência energética, removendo barreiras como discutido no item 3.2.4.

No entanto, a percepção deste aspecto (financiamento pelo repasse à tarifa), como apresentado acima, não é unânime nem pacífica. Durante o *workshop* houve três ponderações que merecem cuidado: a primeira, do próprio MME (EPE, 2006e, p. 29), de que haveria problemas legais para o consumidor assumir os custos, já que seriam repassados às tarifas; a segunda, que na verdade apenas reforça o argumento acima, de que os custos do PEE já são pagos pelo consumidor, que estaria, portanto, submetido a mais uma taxação de eficiência energética; a terceira, de que os consumidores em regiões com menor potencial de eficiência energética pagariam por benefícios que contemplariam apenas as regiões com maior potencial.

Argumentos como o desenvolvido no item 2.1.2, relativo ao teste RIM do não-participante, devem, portanto, ser reforçados durante a fase de divulgação do mecanismo.

Porém, o que parece ser mais grave, e que talvez esteja embutido no argumento do "não repasse", é a descrença que realmente uma energia palpável está sendo retirada do sistema – pois, de outra forma, se se considera esta energia no mesmo patamar de uma nova energia gerada, como não considerar lícito o repasse à tarifa?

A questão do PEE merece abordagem semelhante. Jannuzzi (2006, p. 2) sugere que "parte dos recursos do PEE seja destinada aos leilões de Eficiência Energética, a outra parcela continuando a ser aplicada nos programas individuais, o que evitaria o problema de repasse às tarifas". Embora resolva o problema técnico, poderia ajudar a consolidar a idéia que a eficiência energética não tem valor de mercado e só pode ser conseguida por meio de incentivos. Na análise feita no item 3, e em particular no item 3.1.5, concluiu-se que a grande contribuição do leilão era consolidar um mecanismo de mercado, que desse credibilidade à eficiência energética como alternativa para a expansão útil do mercado. Neste sentido, a vinculação ao PEE não parece ser boa opção.

A abordagem da questão da regionalização, pela sua relevância, será abordada no item seguinte.

4.3 Regionalização

A análise dos custos máximos de eficiência energética que não significassem prejuízo aos não participantes (teste RIM), vista no item 2.1.2, considerou apenas os custos com geração. Na verdade, a eficiência energética retira energia na ponta do consumo, reduzindo também a energia transportada (transmissão e distribuição) e os custos relacionados. Como a tarifa de energia elétrica é hoje regionalizada[70], também o será o custo máximo da eficiência energética, gerando diferentes oportunidades em diferentes regiões.

Como visto no item 1.4.5 - A Expansão da Oferta, a geração tende a ser repartida igualmente por todas as concessionárias, na medida em que todas celebram contratos com as usinas entrantes (a menos da parcela de geração própria). Já para a transmissão e distribuição, isto não acontece. Segundo a Aneel (2006a, p. 11), a geração é responsável por apenas 31% da tarifa média de eletricidade no Brasil, a transmissão 7%, a distribuição 28%, sendo os 34% restantes compostos de encargos e tributos. Assim, de forma significativa os custos marginais de distribuição pesarão no custo máximo de eficiência energética, podendo-se considerar o custo marginal apresentado na Equação 3 como a soma dos custos marginais de geração, transmissão e distribuição em cada região de concessão.

Jannuzzi (EPE, 2006e, p. 43) critica o PEE por não promover interação entre os programas de concessionárias da mesma região geográfica com mercados semelhantes – portan-

---

[70] "Entre as décadas de 70 e 90, havia uma única tarifa de energia elétrica em todo o Brasil. [...] e as empresas não lucrativas eram mantidas por aquelas que davam lucro e pelo Governo Federal. [...] Lei nº 8.631/93, pela qual a tarifa passou a ser fixada por concessionária [...]" (ANEEL, 2006a, p. 9).

to, o leilão deveria ser regional, porém aproveitando sinergias entre mercados próximos, trazendo benefícios regionais e para o sistema elétrico.

Pinhel (EPE, 2006e, p. 27) lembra que "existe já hoje na legislação uma compra de geração distribuída (leilão de GD), para biomassa e PCH, para ajustes de curto prazo, regulado pela ANEEL". E sugere que isto "poderia ser explorado para inclusão de projetos de eficiência energética, onde a concessionária beneficia o seu próprio mercado". Mas sustenta que "ainda assim, a distribuidora necessitaria de apoio para formatar a requisição de propostas". A rigor, a parcela que evita a geração beneficia todo o sistema, por ser este interligado, a parcela de transmissão pode ter uma parcela não exclusivamente local, e a distribuição é apenas local.

Embora, do ponto de vista estritamente econômico, a concessionária de distribuição pareça ser a candidata natural à compra no leilão de eficiência energética, uma abordagem mais regional e menos local deve ser dada e, como já se discutiu (ver referência ao depoimento de Pinhel na página 80), ela deve funcionar apenas como tomadora de contrato, ficando o processo administrativo (pesquisa de mercado, requisição de propostas, leilão, contrato, M&V, liquidação, etc.) a cargo de uma entidade governamental, com um processo centralizado, capaz de dar maior segurança ao processo e ao montante correto de energia economizada. O item seguinte procura tratar em maior profundidade este aspecto.

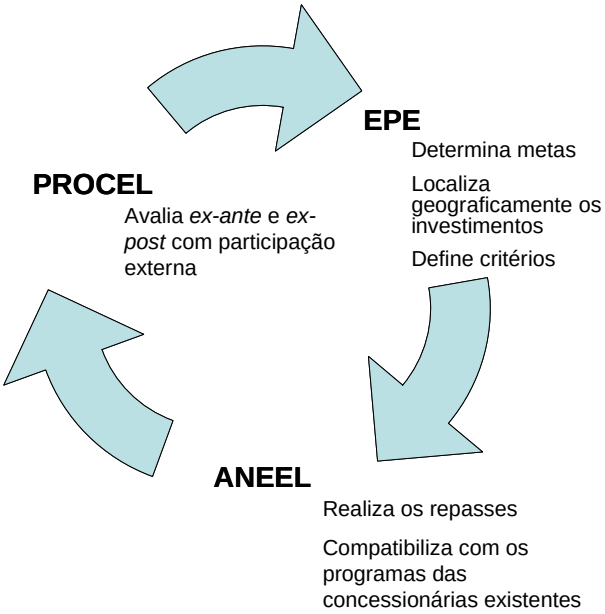
4.4 Operacionalização

Geller (2006, p. 4) propôs que, após apresentação das propostas ao leilão:

> [...] uma entidade como a EPE avaliaria então as propostas e selecionaria aquelas qualificadas para negociação e implementação. [...] Uma vez um projeto selecionado, um contrato para implementação seria negociado entre a empresa ou ESCO que o propôs e uma agência como a EPE ou ANEEL. [O pagamento dos] incentivos não seriam iniciados antes da implementação do projeto, sua inspeção, e as economias confirmadas por uma entidade independente contratada para estas inspeções (por exemplo, EPE ou PROCEL).

Jannuzzi (EPE, 2006e, p. 43-44) considerou necessário para o sucesso do leilão "definir o papel das concessionárias, ANEEL, EPE e PROCEL", sugerindo o esquema da Figura 36, bem como

> [...] ter metas claras de potencial de eficiência energética e recursos disponíveis para cada região, fazer a inserção dessas metas e custos R$/MWh (ou MW) evitados dentro do planejamento do setor, considerando os conceitos do PIR (Planejamento Integrado de Recursos) e ter procedimentos claros de M&V, garantindo transparência e credibilidade para as ações e seus resultados.



Fonte: Jannuzzi (EPE, 2006e, p. 44).
Figura 36 – Papel das entidades no leilão

Portanto, a operacionalização do leilão de eficiência energética passaria pelas seguintes fases:

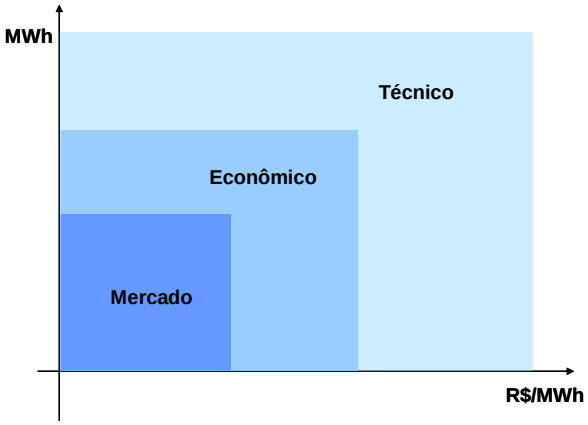
1. Planejamento da eficiência energética como alternativa de expansão e definição do papel do leilão
2. Viabilização de propostas de medidas de eficiência energética
3. Seleção das propostas a implementar (leilão propriamente dito)
4. Contratos, financiamento e fonte de recursos
5. Medição e Verificação
6. Avaliação e aprimoramento do mecanismo

4.4.1 Planejamento da eficiência energética

Como comentado no item 1.4.4, o MME vem procurando inserir a eficiência energética no planejamento da expansão do mercado útil de eletricidade, dentro dos princípios do PIR e, no último PNE 2030, a EPE considerou-a segundo dois aspectos: o primeiro, já incorporado às ações em voga, denominado "progresso autônomo" e abatido da demanda projetada e o segundo, a ser viabilizado segundo ações efetivas de eficiência energética, entre elas o leilão, e competindo com as demais fontes como alternativa de oferta, chamado de "progresso induzido".

Ainda não se dispõem, em geral, de boas estimativas de potencial de eficiência energética no Brasil, o que compromete o bom planejamento[71]. Este, portanto, seria o primeiro passo necessário.

Neste tipo de estudo, costuma-se delinear três cenários de introdução da eficiência energética, representados na Figura 37.



Fonte: Elaboração própria.
Figura 37 - Potenciais de Conservação de Energia

O cenário técnico visa estabelecer um limite de penetração das medidas, dado pela substituição de todos os usos da energia considerados por equivalentes com a tecnologia mais eficiente disponível. Este cenário não considera custos ou qualquer outro impedimento de absorção da tecnologia, sendo, portanto, menos um cenário e mais um valor limite para balizamento dos outros estudos. O cenário econômico considera o sub-conjunto do cenário técnico cujas medidas têm viabilidade econômica de implementação. No entanto, a viabilidade econômica depende da ótica de quem a analisa – neste cenário, procura-se comparar as medidas de eficiência energética com as alternativas de expansão do sistema elétrico, adotando-se, portanto, as variáveis que norteiam essa expansão, em especial a taxa de desconto e o custo marginal de expansão: busca-se verificar até que ponto seria interessante investir em evitar o uso da energia antes de expandir o sistema. No cenário de mercado, ao contrário, procura-se analisar as medidas que seriam introduzidas "por si mesmas", ou seja, aquelas cuja adoção traria redução de custos ao usuário, analisadas, portanto, pela sua ótica, em particular a taxa de desconto praticada e a tarifa de eletricidade a que está submetido. Mesmo neste cenário, outras barreiras haverá que impedirão a sua total penetração – é para sua minimização que devem existir as políticas públicas adequadas.

Um estudo de potencial, portanto, não se resume a um montante de energia passível de ser economizado: deve contemplar os 3 cenários, uma curva energia x custo de implantação, barreiras que impedem a realização do potencial de mercado (ou que dificultariam a imple-

[71] Recentemente, o Procel concluiu extensa pesquisa de campo no setor residencial (PROCEL, 2007), cujos resultados permitiram a avaliação do potencial de eficiência energética neste setor, segundo trabalho desenvolvido pela equipe da COPPE/UFRJ. Nos demais setores, há ainda carência de dados mais confiáveis.

mentação do potencial econômico) e políticas adequadas para superá-las. Para o caso especial do leilão, seria interessante também relacionar as medidas com boa chance de se consubstanciar em ofertas ao leilão: passíveis de mensuração, projetos individuais não muito pequenos, tecnologias selecionadas de forma a minimizar os requisitos de M&V (ver item 3.1.9 sobre as conclusões dos programas de DSB nos EUA, inclusive a que reafirma que o leilão não pode ser a única política de eficiência energética adotada).

Uma estimativa inicial certamente se afastará bastante dos resultados práticos por causa das muitas incertezas que envolvem o processo do leilão. Um processo de avaliação e correção contínuo é, portanto, necessário. Ressalte-se que o PNE 2030 previu uma entrada do "progresso induzido" a partir de 2015, considerando justamente o amadurecimento necessário do processo para melhoria das previsões. Como, também, o sucesso do mecanismo depende muito da confiança que vier a despertar nos agentes, parece mais interessante o início de um projeto piloto que possa mostrar a eficácia do processo do que uma avaliação de potencial demorada, que não conseguirá medir adequadamente as incertezas, por serem muitas de natureza subjetiva.

Outro fator importante no planejamento é a definição clara do papel do leilão: do que foi discutido anteriormente, em especial a experiência do DSB nos EUA, a sua função principal é estimular a confiança nas medidas de eficiência energética como realmente capazes de atender a uma parcela de expansão útil do mercado de eletricidade, através de medidas eficazes de M&V e competição com as demais fontes de energia elétrica, passando pelo fortalecimento da indústria de ESCOs.

Visando tornar mais claro o modelo de leilão aqui sugerido, dois possíveis campos de atuação para propostas ao leilão serão explorados: o primeiro refere-se ao uso final força motriz, no setor industrial, que, no estudo feito pela EPE (2006a) de potencial de eficiência energética em eletricidade[72] para o PNE 2030, apresentou o maior potencial; o segundo, usando-se também o caso dos motores elétricos de indução, de como fabricantes de equipamentos poderiam participar do leilão lançando no mercado produtos menos intensivos no uso da energia, onde o custo da melhoria, em vez de ser pago pelos usuários do equipamento, seria vendido no leilão.

4.4.1.1 Potencial de força motriz na indústria

Estima-se que motores consumam quase 70% da eletricidade usada na indústria, tanto aqui (68% pelo BEU 2005[73] – MME, 2005) como em outros países (63% nos EUA - XEnergy, 1998, p. 9). No Brasil, a indústria responde por 47% de toda a eletricidade consumida

---

[72] Apesar da carência de boa fonte de dados, estimou-se (EPE, 2006a, p. 92) que o setor industrial teria capacidade de reduzir o consumo elétrico brasileiro em 20 – 10 – 6% (técnico – econômico – mercado), o comercial e público em 13 – 6 – 4% e o residencial em 7 – 3 – 1%. No setor industrial, o uso final em força motriz (*ibidem*, p. 79) representa cerca de 80% (75% no cenário técnico e 83% no de mercado) das possibilidades de redução.

[73] Incluindo os usos finais de "força motriz" e "refrigeração".

(BEN 2006 – dados de 2005, EPE, 2006), ou seja, quase um terço da nossa energia elétrica passa por motores elétricos na indústria.

Apesar dos esforços e avanços feitos para um uso mais eficiente de eletricidade em força motriz (EFM) na indústria, ainda há um grande potencial a explorar. Nadel et al. (2003, p. 235), por exemplo, consideram o potencial nos EUA de 28 a 42% da energia usada[74]. O estudo da XEnergy citado acima, feito para o DOE americano, calcula, para a indústria de transformação, um potencial entre 11 e 18%, considerando somente as medidas com *pay-back* abaixo de 3 anos e *somente tecnologias e práticas já maduras* do ponto de vista de sua eficiência energética (XEnergy, 1998, p. 1-2). Outra pesquisa feita pelo Lawrence Berkeley National Laboratory (Martin et al., 2000), esta sobre tecnologias emergentes na indústria que possam consumir menos energia, aponta, entre as 54 medidas selecionadas, 8 envolvendo especificamente sistemas motrizes[75]. A EPE (2006[a]) estimou que o potencial técnico de conservação em força motriz é de 31% da eletricidade usada na indústria, o econômico 17% e o de mercado 10%, correspondente a 15%, 8% e 5% do consumo nacional de energia elétrica, aproximando-se da metade do potencial total estimado em energia elétrica (40%, 20% e 10% respectivamente).

Foram relacionadas e estimadas, naquele estudo, as medidas de eficiência energética apresentadas na Tabela 20.

Tabela 20 – Potencial em força motriz na indústria

Medida	Base	Grandeza	Técnico	Econômico	Mercado
Lei Eficiência Energética - Dec. 4508/2002	68%	Potencial	1,1%	1,1%	1,1%
		Custo	-	-	-
		Penetração	80%	80%	80%
		% indústria	0,6%	0,6%	0,6%
Lei Eficiência Energética - Portaria 553/2005	68%	Potencial	1,7%	1,7%	1,7%
		Custo	-	-	40
		Penetração	80%	80%	80%
		% indústria	0,9%	0,9%	0,9%
Adequação à carga	68%	Potencial	1,0%	1,0%	1,0%
		Custo		20	25
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	0,5%	0,4%	0,3%
Acionadores	34%	Potencial	40,0%	30,0%	20,0%
		Custo		30	60
		Penetração	80%	60%	50%
		% indústria	10,9%	6,1%	3,4%

[74] As medidas englobam uso de motores ainda mais eficientes, eliminação de danos causados por rebobinamento, correção de sobredimensionamento, controle de velocidade, equipamentos e sistemas mais eficientes de bombeamento, ventilação, compressão de ar, refrigeração, condicionamento de ar, transmissão do movimento, ajustes no sistema elétrico e outros. As projeções foram feitas com uma taxa de desconto real de 6%.

[75] São elas: projetos avançados de variadores de velocidade ajustável, controles avançados de compressão, sistemas de gerenciamento de compressão, diagnóstico de motores, otimização de sistemas motrizes, melhorias em sistemas de bombeamento, acionadores por chaveamento de relutância e melhores lubrificantes.

Medida	Base	Grandeza	Técnico	Econômico	Mercado
Bombas - equipamentos eficientes	13%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Custo		20	40
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	1,0%	0,6%	0,3%
Bombas - sistemas eficientes	13%	Potencial	20,0%	15,0%	10,0%
		Custo		20	50
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	2,0%	1,1%	0,5%
Ventiladores - equipamentos eficientes	9%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Custo		20	40
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	0,7%	0,4%	0,2%
Ventiladores - sistemas eficientes	9%	Potencial	80,0%	30,0%	20,0%
		Custo		20	50
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	6,0%	1,7%	0,7%
Compressores de ar - vazamentos	10%	Potencial	30,0%	25,0%	20,0%
		Custo		10	30
		Penetração	90%	70%	60%
		% indústria	2,7%	1,7%	1,2%
Compressores de ar - equipamentos e sistemas	10%	Potencial	25,0%	20,0%	15,0%
		Custo		30	80
		Penetração	80%	50%	40%
		% indústria	2,0%	1,0%	0,6%
Refrigeração - equipamentos eficientes	5%	Potencial	20,0%	15,0%	10,0%
		Custo		40	80
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	0,8%	0,5%	0,2%
Refrigeração - controles e sistemas eficientes	5%	Potencial	30,0%	25,0%	20,0%
		Custo		20	40
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	1,2%	0,8%	0,4%
Equipamentos de manuseio e processamento	28%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Custo		60	80
		Penetração	60%	40%	30%
		% indústria	1,7%	0,8%	0,4%
Gerenciamento energético	68%	Potencial	10,0%	5,0%	3,0%
		Custo		40	50
		Penetração	70%	60%	50%
		% indústria	7,0%	3,0%	1,5%
Total		% indústria	31%	17%	10%
		% Brasil	17%	9%	5%

Fonte: EPE (2007).

A coluna "base" se refere à parcela de energia da indústria usada em cada medida (por exemplo, 68% da eletricidade na indústria é utilizada em motores – usos finais força motriz e refrigeração como estabelecido no BEU 2005 (MME, 2005)). O potencial estimado o é em relação à energia usada por aquela medida, e a "penetração" representa a estimativa de quanto é possível ou viável explorar-se o potencial (por exemplo, na primeira medida relacionada,

80% da energia usada em motores o é em motores trifásicos de indução em gaiola, de 1 a 250 cv, ainda não eficientizados, onde se aplica o Decreto 4508/2002).

Apresenta-se a seguir um breve comentário sobre cada medida relacionada, que servirá para exemplificar o funcionamento do leilão quanto a ofertas de eficiência energética e respectivas atividades de M&V.

4.4.1.1.1 Lei de Eficiência Energética - Decreto 4508/2002

Como comentado no item 2.3.2.3, o primeiro equipamento a ser regulamentado para a aplicação da Lei de Eficiência Energética (BRASIL, 2003) foi o motor de indução trifásico, com rotor em gaiola de esquilo, de 1 a 250 cv, através do Decreto 4508/2002 (BRASIL, 2003). A aplicação deste Decreto trará, à medida que os novos motores fabricados forem substituindo os atuais, uma economia estimada em 1,1% da energia utilizada por estes motores (GARCIA, 2003, p. 91). Como a lei já está em vigor, e sua aplicação é pacífica, considerou-se este potencial tanto técnico como econômico e de mercado, sem custos adicionais. Na verdade, o custo do aumento do rendimento está sendo pago pelos usuários dos motores, embora os fabricantes não saibam ao certo o seu valor, mesclado com outras melhorias feitas na produção e aumentos dos custos de matérias-primas (SCHAEFFER et al., 2005, p. 25).

Este é um resultado concreto de um programa de etiquetagem e padronização, mecanismo de reconhecida eficácia e adotado em muitos países[76]. O Brasil, inicialmente com o PBE e mais recentemente com a Lei de Eficiência Energética, tem sabido aplicá-lo com sucesso e assim deve continuar, com a regulamentação de outros equipamentos e melhoria do sistema. Seria um contra-senso tentar transformá-lo em mecanismo de mercado. No entanto, um possível desdobramento, passível de trazer um ganho adicional, foi apresentado no item 2.3.2.3.

Outra alternativa para mecanismo de mercado com motores eficientes é no caso da possível (e mesmo provável, seguindo o caminho dos EUA) "linha *premium*", de motores ainda mais eficientes que os atuais de alto rendimento[77]. Neste caso, um estudo de viabilidade de substituição de motores e sua implementação poderia se constituir em oferta ao leilão, por exemplo, como o era antes da Portaria 553 (ver item 4.4.1.1.2 abaixo) o estudo da aplicação de motores de alto rendimento.

4.4.1.1.2 Lei Eficiência Energética - Portaria 553/2005

Esta Portaria (MME, 2005) representou um primeiro passo no aperfeiçoamento da regulamentação dos índices mínimos de eficiência energética dos motores trifásicos de indução. O

---

[76] Uma ampla abordagem dos programas de etiquetagem e padronização pode ser vista em CLASP (2005).

[77] No SIEFE (Seminário Internacional de Eficiência Energética, organizado pela ONG Gente do Brasil em Campinas, em maio de 2005), o prof. Nadel (com várias citações neste trabalho) questionou ao autor a possível criação desta linha "premium" no Brasil.

Decreto 4.508 previa 2 tabelas de índices mínimos, uma para motores padrão e outra para motores de alto rendimento – a Portaria 553 adotou apenas a última tabela, agora aplicada obrigatoriamente para todos os motores. A aplicação desta lei, como no item anterior, trará uma economia ao longo do tempo estimada em 1,7% por Schaeffer et al. (2005, p. 10). Há uma interferência entre as duas regulamentações, embora espaçadas de 8 anos, que, devido às demais incertezas envolvidas, não foi considerada – estimativas mais precisas demandariam levantamentos de campo com abordagem estatística. Como a lei já está implementada, o custo econômico foi considerado nulo, por não ter sido absorvido pelo sistema elétrico, e sim pelos usuários dos novos motores, para quem a média do MWh economizado representou um custo entre 68 e 92 reais, segundo Schaeffer et al. (2005, p. 64 e 68). Nadel et al. (2002, p. 235) estimam nos EUA 4,3% de potencial com substituição de 87% da carga dos motores[78] para substituição por unidades adequadas ao EPAct[79] (*Energy Policy Act*, de 1992), com custo zero para as novas unidades e 2,4%, aplicável a 93% da carga, com custo entre 10 e 30 US$/MWh.

Para efeito de estudo de política de eficiência energética, esta medida é equivalente à anterior.

4.4.1.1.3 Adequação à carga

Esta medida, também referente ao uso de motores de indução, visa evitar o super-dimensionamento dos motores em relação à carga acionada. A amostra de motores analisada por Schaeffer et al. (2005, p. 49-50) mostrou que, na indústria brasileira, um terço deles trabalha abaixo de 50% de sua carga nominal, um terço entre 50 e 75% e somente um terço na faixa ideal, acima de 75%. Nadel et al. (2002, p. 205), citando uma pesquisa na indústria americana feita pela XEnergy (1998), afirmam que 44% destes motores operam com um carregamento abaixo de 40%.

O custo para a aplicação desta medida, supondo a troca ao final da vida útil do motor, quando deve-se decidir entre repor um motor da mesma potência ou de menor potência, adequado à carga acionada, foi estimado em 55 R$/MWh (GARCIA, 2003, p. 97) para os parâmetros de mercado. O custo envolveria um estudo preliminar para determinar a potência adequada para cada motor e estabelecer um plano de trocas (que seria viabilizado ao final da vida útil de cada unidade) e as adaptações necessárias para a nova potência. Vale notar que, como o custo do novo motor é menor para uma potência inferior, há um ganho significativo monetário além da economia de energia. Nadel et al. (2002, p. 235) consideram um potencial de 1% de ganho, aplicável a 84% da carga dos motores, a custo zero, para a situação americana.

---

[78] As referências serão sempre à energia consumida pelos motores, que é diferente do número de motores, onde prevalece o grande número de motores pequenos.

[79] O EPAct exigiu para todos os motores o que era antes exigido apenas para os de alto rendimento, como o fez a nossa Portaria 553/2005.

A dificuldade desta medida ser aplicável a um mecanismo de mercado é que ela apresenta boa rentabilidade quando executada ao final da vida útil dos motores. Assim, políticas de conscientização e treinamento, e mesmo capacitação disponibilizando *softwares* adequados parecem ser mais convenientes para efetivar este potencial. Na verdade, isto acontece também com a aplicação de motores mais eficientes[80] - porém, um estudo criterioso poderia apontar, e oferecer ao leilão, as trocas mais vantajosas, e o sucesso da medida incentivaria o dono da instalação a implantar um plano de trocas, com o resultado final de explorar bem este potencial.

Nadel et al. (2002, p. 233-235) consideram ainda um potencial advindo de rebobinagens inadequadas, feitas em fornos com temperaturas acima de 300 ^{o}C, que danificam o núcleo de ferro, de 1%, aplicável a 84% da carga, com custo nulo. Algumas oficinas menos especializadas, no Brasil, utilizam maçarico para extrair as bobinas queimadas, também danificando o núcleo, porém não há dados para estimar-se um potencial de troca destes motores. Uma política de incentivo a boas práticas de rebobinagem parece ser uma política mais adequada, neste caso.

4.4.1.1.4 Acionadores

O uso de acionadores de velocidade ajustável (AVAs)[81], já pelo seu alto potencial, já pelo investimento relativamente elevado, já por exigir uma avaliação técnica mais precisa, parece ser bem adequada a mecanismos de mercado. Ela se aplica principalmente (mas não apenas) a cargas centrífugas, incluindo bombas, ventiladores e compressores com esta característica, que necessitam uma variação na vazão fornecida. Como a potência é proporcional ao cubo da velocidade de rotação, os ganhos são grandes.

A XEnergy (1998, p. 50), no seu levantamento do uso de força motriz na indústria americana, aplicou os seguintes critérios de corte para o uso de AVAs: motor de indução, maior que 20 cv, operando mais de 2000 h/ano e sem AVA instalado. Além disso, considerou as condições da Tabela 21 como avaliadoras de bons projetos para este tipo de aplicação.

Tabela 21 – Boas condições para aplicação de AVAs

Característica	Fator de avaliação
Motor	Indução
Potência nominal	< 15 cv: *payback* longo 15 a 30 cv: bons candidatos > 30 cv: excelentes candidatos
Regime de funcionamento	> 2000 h/ano

[80] Ao final da vida útil, o investimento é a diferença entre um motor eficiente e um motor padrão, ao contrário da troca no presente, quando o motor instalado, ainda com vida residual (de difícil estimação), é praticamente descartado.

[81] São os chamados inversores, ou conversores de freqüência, que retificam a tensão da rede e geram uma tensão alternada com freqüência variável, variando assim a velocidade do motor de indução, cujo campo magnético gira a uma velocidade de 60 f / p [rpm], onde 60 [s/min] é o número de segundos por minuto, f [1/s] é a freqüência aplicada e p [1] o número de pares de pólos.

Característica	Fator de avaliação
Tipo de carga	Cargas centrífugas são melhores candidatas que estáticas ou a volume constante
Flutuação da carga	Variação maior que 30%, por exemplo, variação entre 60 e 90%
Tempo em carga reduzida	A carga pode variar bastante, mas se a parcela de operação em carga reduzida for curta, a viabilidade cai.
Equipamento existente de modulação de carga	Válvula de controle: excelente aplicabilidade. *Damper* na saída: boa aplicabilidade. Palhetas na admissão: depende do tipo de controle. Motor de várias velocidades: com válvula de controle também é indicado. Embreagem magnética (correntes parasitas): boa aplicabilidade porém *payback* pode não ser baixo o suficiente. Caixa de engrenagens: necessita medição específica. Nenhum: necessita medição específica

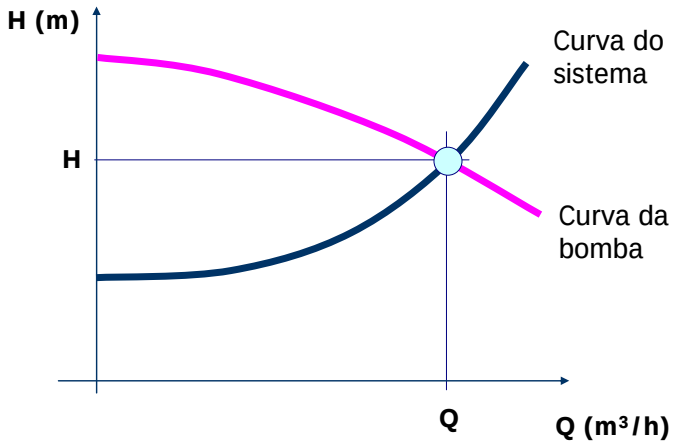
Fonte: XEnergy (1998, p. 50).

Com os critérios de corte acima, a XEnergy encontrou 7% da população de motores (839 mil unidades) representando 70% da energia consumida. Os que atendiam aos critérios da Tabela 21 seriam 3% consumindo 29% da energia. Finalmente, os que acionavam cargas flutuantes o suficiente eram 1,8% com 14% da carga. Por outro lado, AVAs já existiam em 9% dos motores representando 4% da carga. A economia de energia obtida varia muito com a sua aplicação, e Nadel et al. (2002, p. 225) consideram que valores entre 15 e 50% são comuns, adotando conservativamente os valores 15 a 30% em suas projeções, com um custo de 10 a 50 US$/MWh.

No Brasil, Geller estimou (1994, p. 144) uma penetração de até 40% do consumo industrial (ou seja, quase 60% da carga motriz) com custo de 42 US$/MWh. É razoável esperar-se, em relação aos EUA, que aqui a penetração atual seja menor e os custos maiores. Considerou-se, portanto, metade da carga motriz passível de aplicação de AVAs, com potenciais de 20 a 40% de economia e penetração (descontados os já implantados, os de menor viabilidade e outras razões específicas a cada planta) de 50 a 80%.

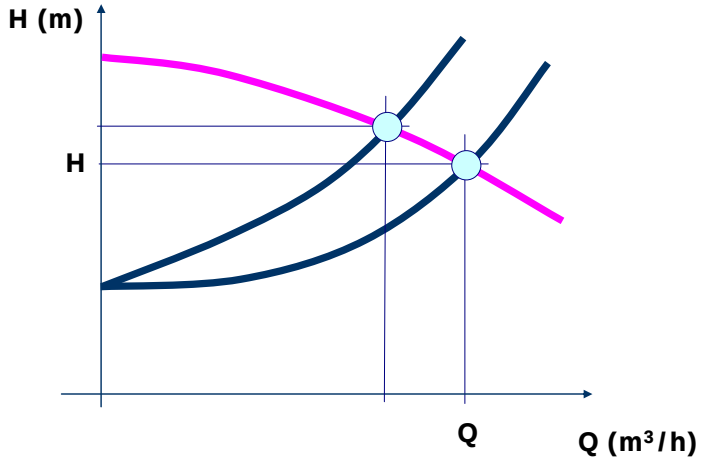
Szklo e Schaeffer (2007, p. 1086) afirmam, em estudo sobre as refinarias brasileiras, que "bombas são usualmente operadas em condições variáveis [onde] a vazão é normalmente controlada por válvulas resultando em perdas de energia"; citam um estudo sobre em determinada planta onde a análise de 5 destas bombas apontou o uso de AVAs com uma taxa interna de retorno entre 20 e 55%.

A aplicação de AVAs requer um estudo específico do processo (inclusive tempo de operação em cada carregamento), levantamento de dados do sistema acionado e da máquina, além, como em qualquer medida de eficiência energética, do custo da eletricidade e taxa de desconto praticadas. A avaliação da economia a ser produzida passa pelo cálculo da potência fornecida ao sistema e seu impacto no consumo do motor. Exemplificando com o caso de bombas centrífugas, a potência hidráulica fornecida pela bomba se dá pela área (H x Q) mostrada na Figura 38, abaixo do ponto de operação, encontrado pela interseção das curvas da bomba e do sistema hidráulico.



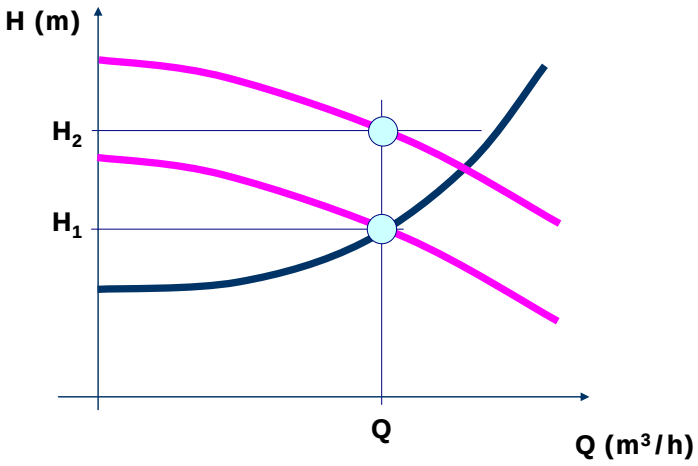
Fonte: Elaboração própria.
Figura 38 – Ponto de operação da bomba

Para o controle da vazão, o sistema tradicional com válvula de controle, por exemplo, restringe a descarga, aumentado as perdas do sistema e deslocando a sua curva como na Figura 39.



Fonte: Elaboração própria.
Figura 39 – Ajuste da vazão por válvula de controle

Já o uso de AVA, variando a velocidade do motor, altera a curva da bomba, como se o diâmetro do rotor fosse diminuído, reduzindo sobremaneira a potência utilizada, como demonstra a Figura 40 pela área limitada pelas horizontais H_1 e H_2 e vertical Q.



Fonte: Elaboração própria.
Figura 40 – Ajuste da vazão por AVA

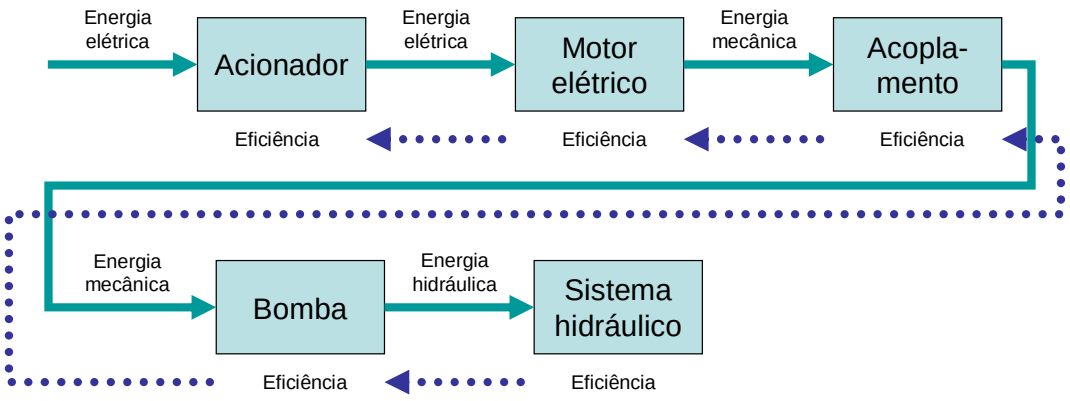
O cálculo desta potência referida ao motor passa ainda pelo ajuste dos rendimentos da bomba e do motor. É difícil encontrar-se uma planta em que estes dados (principalmente a curva do sistema) estejam disponíveis. Além disso, há restrições à operação do motor, causadas pela perda de ventilação com a menor velocidade e da maior presença de componentes harmônicos no sistema. Assim, o estudo deve ser feito por especialista, reforçando o mercado de ESCOs.

Outro estudo possível no caso de acionadores, é a aplicação de CPPPs – chaves de parada e partida progressiva, os "*soft-starters*". Este dispositivo varia apenas a tensão aplicada ao motor, sendo bem mais simples e barato. O seu objetivo primeiro é a partida (ou parada) suave do motor, o que bem pouco impacto tem no consumo de energia. A economia de energia se dá quando a carga funciona por períodos significativos em vazio (por exemplo, compressores operando em alívio, não sendo indicado o controle liga-desliga), quando o rendimento cai bastante. A aplicação de uma menor tensão traz o motor para um ponto de maior rendimento. As economias, assim como os custos e as oportunidades, são bem menores que acima, porém um estudo para aplicação de AVAs pode incluir a aplicação também de CPPPs.

Vale dizer que as principais barreiras para efetivação deste potencial são a falta de conhecimento e competência específicas das indústrias e o alto investimento necessário, reforçando o mecanismo de mercado como ideal para vencê-las.

4.4.1.1.5 Bombas

A boa técnica em eficiência energética prega caminhar-se do uso final ao sistema de suprimento (GERBI, 2003), o que vale para todos os casos de sistemas motrizes. Caso contrário, pode-se, por exemplo, trocar um motor por alto rendimento, que ficará super-dimensionado e, portanto, ineficiente, ao se adequar a bomba às condições do processo. Assim, a eficientização deve ter fluxo inverso ao da energia, como mostra a Figura 41.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 41 – Fluxo de energia e "eficientização"

Na fase de projeto, é difícil a assunção de certas características do sistema[82] (corrosão na tubulação, ponto preciso de operação, por vezes características do líquido, como viscosidade), sendo superestimadas algumas variáveis para garantir sua operação. Assim, é comum encontrar-se sistemas superdimensionados para a real condição operacional. Também não é raro haver modificações ao longo da vida do equipamento, muitas vezes sem revisar os critérios de projeto, o que diminui a eficiência energética do sistema. Assim, os passos chave, segundo o GERBI (2003, p. 99) são "adequar o uso à necessidade" e "maximizar a eficiência". A XEnergy (1998, p. 57) considera ainda "reduzir os requisitos do sistema".

A XEnergy (1998, p. 56) estimou em 9,6% a economia possível com melhorias nos sistemas de bombeamento na indústria americana e 10,5% com controle de velocidade, chegando a um total de 20,1%. Ela considerou as medidas relacionadas na Tabela 22.

Tabela 22 – Medidas de eficiência energética em sistemas de bombeamento (XEnergy)

Medida de eficiência energética	Comentários
Reduzir a energia requerida	
Usar tanques de armazenamento intermediário, equalizando o fluxo no tempo	Economias de 10 a 20%
Eliminar malhas de *by-pass* e outros fluxos desnecessários	Economias de 10 a 20%
Aumentar o diâmetro da tubulação para reduzir o atrito	Economias de 5 a 20%, porém com investimento alto
Reduzir as margens de segurança no projeto da capacidade do sistema	Economias de 5 a 10%, aplicáveis a todas as bombas
Adequar a bomba à carga	
Instalar sistemas em paralelo para cargas com grande variação de fluxo	Economias de 10 a 50%
Adequar o tamanho da bomba à carga	Há um superdimensionamento médio de 15 a 25% nas bombas em operação

[82] "Com o decorrer do uso, mesmo em condições normais, é natural que ocorra um desgaste interno dos componentes da bomba, principalmente quando não existe um programa de manutenção preventiva para a mesma, ou este é deficiente. O desgaste de buchas, rotores, eixo e alojamento de selos mecânicos ou gaxetas faz aumentar as fugas internas do fluído, tornando o rendimento cada vez menor. Quanto menor a bomba, menor será o seu rendimento após algum tempo de uso sem manutenção, pois a rugosidade, folgas e imperfeições que aparecem são relativamente maiores e mais danosas que para bombas de maior porte" (SCHNEIDER, 2006, p. 17).

Adequar a bomba à carga	
Reduzir ou controlar a velocidade	
Reduzir velocidade para cargas constantes: usinar o rotor ou reduzir a relação da engrenagem	Economias de até 75% - 82% dos casos não têm modulação de carga, de acordo com a pesquisa.
Trocar válvula de controle por controles de velocidade	Economias de 30 a 80%, aplicáveis a sistemas com altura manométrica variável (circulação).
Melhorar os equipamentos	
Trocar por modelo de bomba mais eficiente, ou com ponto de rendimento máximo mais próximo do de operação	16% das bombas têm mais de 20 anos – o problema maior é que o sistema mudou em relação ao ponto de rendimento máximo. O rendimento pode decair de 10 a 25%; bombas mais modernas são 2 a 5% mais eficientes; economias de 2 a 10%.
Trocar acoplamento por correia por direto	Economias de 1%
Operação e manutenção	
Trocar rotores desgastados, especialmente em fluxos cáusticos ou semi-sólidos. Verificar rolamentos, selos mecânicos e outros mecanismos de selagem.	Economias de 1 a 6%

Fonte: XEnergy (1998, p. 57-58).

O livro técnico do Procel Sanear (ELETROBRÁS, 2005, p. 166-167) aponta duas medidas básicas de eficiência energética em sistemas de bombeamento de água, como na Tabela 23.

Tabela 23 – Medidas de eficiência energética em sistemas de bombeamento (Procel)

Medida de eficiência energética	Comentários
Utilizar instalações hidráulicas adequadas	
Usar tubulações com diâmetro adequado	As perdas variam com a quarta potência do diâmetro
Controlar a rugosidade interna	Influi diretamente na perda de carga na tubulação
Dividir as zonas de pressão em setores	Evitar altas pressões que resultam em ineficiência
Variar a velocidade dos motores	Adequar o ponto de rendimento máximo às variações da demanda
Escolher a moto-bomba com o melhor rendimento para o ponto de trabalho	Tarefa que não é simples devido às variações possíveis e opções disponíveis
Reduzir o consumo no horário de ponta	**Medida de redução da demanda**
Otimizar o balanço entre vazão e reserva	Procurar deslocar a vazão para o horário fora de ponta

Fonte: Eletrobrás (2005, p. 166-167).

Szklo e Schaeffer (2007, p. 1084) citam estudo estimando em 10% a redução total de consumo de energia em refinarias proporcionada pelo controle de incrustação nas tubulações.

Baseados nos estudos da XEnergy e outros, Nadel et al. (2002, p. 235) estimam em 5 a 10% a economia com equipamentos mais eficientes, a um custo típico de 10 US$/MWh, e 10 a 20% com o sistema hidráulico, com uma média de 10 US$/MWh. A estimativa de 13% do consumo industrial para os sistemas de bombeamento (assim como os demais usos finais de força motriz) resulta da aplicação das parcelas medidas pela XEnergy (1998) na indústria americana aos números do BEU (MME, 2005) e BEN 2006 (EPE, 2006).

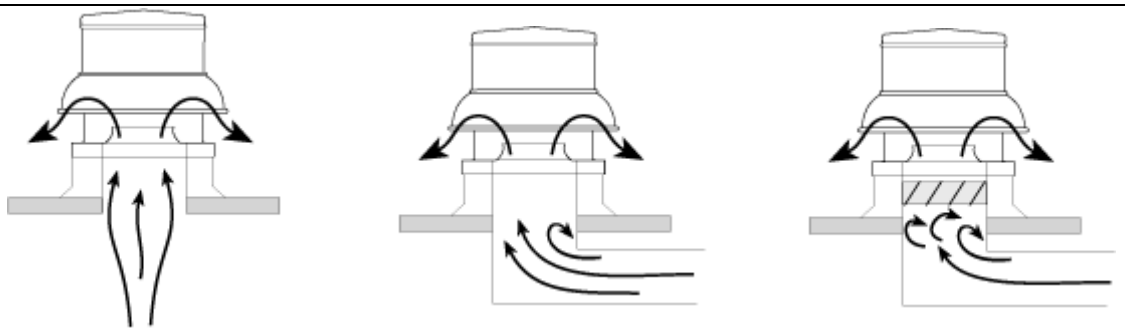
Para exploração deste potencial (assim como os demais nos sistemas em força motriz), o Procel vem atuando junto às federações de indústrias estaduais, com cursos de treinamento e capacitação do pessoal da indústria (PROCEL, 2007) que fariam, portanto, as próprias efici-

entizações. No entanto, uma atuação por ESCOs, com diagnóstico prévio e contrato de *performance* para implementação das medidas, parece ser bem adequada, devido à complexidade das medidas e do investimento necessário não ser tão pequeno.

4.4.1.1.6 Ventiladores

Ventiladores são máquinas muito usadas na indústria para conforto ambiental, exaustão, despoeiramento, transporte pneumático de pós e separação de particulados em geral do ar atmosférico (ciclones, filtros de manga, lavadores de ar) e movimentação de gases em geral (BERNAUER, 2007). Tipicamente, são máquinas grandes, de elevada inércia, cujo estudo requer uma especialização maior que no transporte de líquidos (bombas), por sua compressibilidade e movimentação entre ambientes com contornos menos definidos que reservatórios de líquidos.

As oportunidades de maior eficiência energética no uso de ventiladores são próximas às de bombas, principalmente no que se refere ao controle da vazão e o uso de AVAs (nos casos de ventiladores centrífugos – o controle da vazão é normalmente aqui feito por *dampers*, com efeito semelhante às válvulas de controle das bombas). Nos sistemas de ventilação, muitas perdas são devidas ao chamado "efeito de sistema" causado pela turbulência do ar provocada por instalações inadequadas. Um exemplo disto pode ser visto na Figura 42 para o caso de ventiladores de teto.



Adequada. Condição típica de teste: livre entrada e livre saída.	Inadequada. Duto horizontal com joelho abrupto na entrada	Inadequada. Igual à anterior com adição de *damper*, aumentando o efeito de sistema.

Fonte: GORHAM/SCHAFFLER INC. (2007).

Figura 42 – Efeito de sistema em ventiladores de teto

Assim, um tipo de medida de eficiência energética no caso de sistemas de ventilação pode ser o estudo de adaptações visando a redução deste efeito (o que exige conhecimento específico). A XEnergy (1998, p. 61) aponta, em geral, as medidas da Tabela 24.

Tabela 24 - Medidas de eficiência energética em sistemas de ventilação

Medida de eficiência energética	Comentários
Reduzir a energia requerida	
Reduzir os efeitos de sistema através de melhores projeto de entrada e saída	Economias de até 25%
Reduzir o sobredimensionamento	Reduções de 1 a 5%. Em geral, é melhor reduzir ou

Medida de eficiência energética	Comentários
	controlar a velocidade do que trocar o ventilador.
Reduzir ou controlar a velocidade	
Trocar *dampers* ou palhetas por AVAs	Estimativas de 14 a 49% de economia em *dampers* na entrada. Na saída, as economias são maiores, porém há menos aplicações.
Melhorar os componentes	
Substituir correias em V padrão por correias dentadas	Metade das aplicações possuem correias, 2/3 das quais são padrão, com eficiência de 90 a 97% contra 94 a 98% das dentadas.
Usar modelos mais eficientes	Embora os rendimentos variem muito com os modelos de rotor, há oportunidades reduzidas de melhora.
Operação e manutenção	
Melhores práticas de manutenção: ajustar correias, limpar ventiladores e trocar filtros regularmente	Economias de 2 a 5%, aplicáveis a todos os casos.

Fonte: XEnergy (1998, p. 61).

Nadel et al. (2002, p. 235) estimam os mesmos potenciais das bombas para o caso dos ventiladores. A XEnergy (1998, p. 62) estima o potencial em apenas 5,5%. Em relação à adequação de medidas de mercado, as mesmas observações das bombas valem neste caso – no entanto, pela maior *expertise* necessária no caso dos ventiladores, os mecanismos de mercado são ainda mais adequados.

4.4.1.1.7 Compressores de ar

Sistemas de ar comprimido estão presentes em quase todas as indústrias cumprindo diversas funções: acionamento de ferramentas pneumáticas, válvulas de controle, operações de puxar e grampear (manuseio de sacaria), transporte de pó, sopro, jateamento, etc., e algumas aplicações específicas por tipo de indústria (por exemplo, injeção e sopro em indústria de plástico) (ELETROBRÁS, 2005ª). Entretanto, quase nunca recebem o devido cuidado, por ser uma ferramenta auxiliar da qual, em geral, não se conhece o custo – são comuns os vazamentos, ampliações feitas sem o critério original de projeto, que alteram o sistema original em pequenos passos e vão transformando o sistema em uma grande estrutura sem critério uniforme e, portanto, com boas oportunidades de eficientização.

Desta forma, estudos especializados e levantamento de oportunidades de eficientização são um bom mercado para ESCOs e para ofertas ao leilão. A XEnergy (1998, p. 59-60) sugere as medidas da Tabela 25 como possíveis ganhos em maior eficiência.

Tabela 25 – Medidas de eficiência energética em sistemas de ar comprimido (XEnergy)

Medida de eficiência energética	Comentários
Reduzir a energia requerida	
Reduzir a pressão do sistema através de melhor projeto e melhores componentes auxiliares (filtros e secadores).	Economias entre 4 e 6%. No inventário, 15% das instalações haviam reconfigurado a tubulação e filtros.
Reduzir a demanda por ar comprimido eliminando utilizações espúrias.	Ar comprimido é utilizado para sopro, resfriamento, limpeza ou movimentar peças, o que pode ser substituído por equipamentos específicos, com boas economias de energia. Estima-se em até 20%, incluindo cortar a alimentação de trechos não mais utilizados, a

Medida de eficiência energética	Comentários
	economia que pode ser conseguida.
Descentralizar o sistema quando usos em locais remotos tiverem requisitos especiais como pressões mais elevadas, ar mais limpo ou alto volume por pequenos intervalos.	Sistemas descentralizados nem sempre poupam energia. Porém, economias de até 5% podem ser atingidas.
Melhorar as condições de suprimento; usar ar externo.	Economias entre 4 e 6%. Pode haver aumento de atividades de O&M.
Adequar o sistema de compressão à carga	
Dimensionar os compressores para um corte eficiente.	Compressores para atender à carga de base devem funcionar próximos ao rendimento máximo. Compressores de parafuso ou alternativos podem alimentar a carga variável. Economias de até 5%.
Controle de compressão	
Instalar controle de carga parcial padrão incluindo automação e armazenamento.	Aplicável à maioria dos sistemas. Economias de 3 a 7%.
Instalar controle microprocessado no sistema de compressão.	Esses controles reduzem a banda morta de 10 a 2 psi. Economias de 2 a 4%.
Usar compressores em paralelo e instalar controles multi-unidades para reduzir carga parcial.	Economias de 10 a 15%. Só usar em sistemas com muitos compressores, não só 2 ou 3.
Instalar AVAs para compressores rotativos.	Para compressores com carga variável AVAs são a melhor opção, com economias da ordem de 10%.
Melhorar equipamentos	
Trocar antigos compressores alternativos e de parafuso por modelos mais eficientes.	Alguns compressores antigos são bem eficientes. Variações de rendimento podem variar de 10 a 20%.
Operação e manutenção	
Reduzir vazamentos por um programa contínuo de manutenção em reguladores, engates-rápidos, tubulação, flexíveis e outros pontos de conexão.	Economias da ordem de 15 a 25%.
Melhorar a manutenção, por exemplo, de válvulas em compressores alternativos ou trocadores de calor em compressores centrífugos.	Economias na ordem de 2 a 5%.
Trocar filtros regularmente, tanto no compressor como nos pontos de uso.	Economias com troca de filtro no compressor 1 a 2% e nos pontos de uso 3%.

Fonte: XEnergy (1998, p. 59-60).

Como se depreende facilmente da Tabela 25, muitas medidas aplicam-se somente a casos específicos. Isto reforça a idéia de ser necessário uma avaliação experta. O livro da Eletrobrás (2005a, p. 132-153) enumera s possíveis medidas de eficiência energética, reproduzidas na Tabela 26.

Tabela 26 - Medidas de eficiência energética em sistemas de ar comprimido (Procel)

Medida de eficiência energética	Comentários
Na geração do ar comprimido	
Diminuir a temperatura do ar aspirado.	Quanto menor a temperatura, maior massa de ar pode ser aspirada com o mesmo volume. Usar ar externo à sala dos compressores pode ser uma medida. Uma economia de 1,9% é conseguida reduzindo-se a temperatura do ar aspirado de 27 para 21 ^{o}C.
Diminuir a pressão de desarme.	O aumento de 1 bar na pressão de desarme aumenta em 6% a potência consumida (em pressões de 6~7 bars).
Na distribuição do ar comprimido	
Eliminar vazamentos.	Um furo de 5 mm exige 8,3 kW no motor. Um programa regular de correção deve ser elaborado e mantido.
Reduzir número de curvas.	Pequenas ampliações seguidas resultam em sistema com muitas

Medida de eficiência energética	Comentários
	curvas, aumentando a perda de carga do sistema.
Recuperar o calor gerado pela compressão.	A compressão aquece o ar, normalmente resfriado por água ou ar. Deve-se aproveitar o calor gerado em outra aplicação (94% do calor pode ser recuperado).

Fonte: Eletrobrás (2005a, p. 132-153).

As medidas de eficiência energética são, portanto, de diversas naturezas e de grande índice de aplicação aos sistemas reais. A XEnergy resume os potenciais na indústria americana como na Tabela 27.

Tabela 27 - Economias em sistemas de compressão

Medida de eficiência energética	Penetração			Economia	Economia líquida
	Baixa	Média	Alta		
Reduzir a energia requerida	20%	30%	40%	20%	6,0%
Adequar o sistema de compressão à carga	5%	10%	15%	3%	0,3%
Controle de compressão	15%	25%	40%	10%	2,5%
Melhorar equipamentos	5%	15%	20%	5%	0,8%
Operação e manutenção	50%	75%	85%	10%	7,5%
Economia total					17,1%

Fonte: XEnergy (1998, p. 61).

Nadel et al. (2002, p. 235) estimam, somente para redução de vazamentos e usos finais inadequados, uma economia de energia de 20 a 30%, aplicáveis a 7% da força motriz usada na indústria (correspondente a sistemas de compressão de ar), com um custo de zero a 15 US$/MWh. Avaliam outrossim, para equipamentos e sistemas de compressão mais eficientes, economias de 15 a 25%, aplicáveis aos 7% da força motriz usada, com um custo de 15 a 40 US$/MWh. Da mesma forma que em outros usos finais, um estudo de campo no Brasil seria necessário para estimar os números aplicáveis à nossa indústria (e alguns setores de comércio). Na falta de melhores referências, supôs-se de 20 a 30% a economia possível com redução de vazamentos e medidas de baixo custo (10 a 30 US$/MWh) e 15 a 25% com equipamentos e sistemas eficientes, a custos de 30 a 80 US$/MWh.

Mecanismos de mercado são bem adequados para incentivo destas medidas, inclusive o leilão de eficiência energética, pela necessidade de conhecimento específico e por este uso final, em geral, ficar fora do foco das preocupações do pessoal da fábrica. Aplicam-se também treinamento e conscientização, como está fazendo o Procel através do programa de redução de perdas em sistemas motrizes (PROCEL, 2007), bem como etiquetagem e padronização em compressores e componentes do sistema de ar comprimido.

4.4.1.1.8 Refrigeração e ar condicionado

O Balanço de Energia Útil – BEU 2005 (MME, 2005, p. 32) considera neste uso final os sistemas de refrigeração de materiais e produtos (alimentos e bebidas, química, etc.) e condicionamento ambiental, necessário em alguns processos industriais, com adequação de uma ou

várias variáveis – temperatura, umidade, pureza do ar, etc., consumindo 7,4% da eletricidade usada em sistemas motrizes na indústria brasileira.

A XEnergy (1998), embora não considere especificamente medidas de eficiência energética para este uso final, relaciona categorias de medidas que podem ser aplicadas a todos os sistemas (como foi visto nos itens acima para bombas, ventiladores e compressores):

- **Reduzir a energia requerida**: poderiam ser consideradas medidas para evitar cargas desnecessárias, ou refrigerados a temperatura menor que a exigida, espaços refrigerados com baixo aproveitamento, vedações insuficientes, incluindo portas e cortinas, condensadores próximos a fontes de calor, bem como restrições nas tubulações de fluido refrigerante.
- **Reduzir ou controlar a velocidade do motor**: semelhante ao que se considerou para compressores de ar, incluindo bombas e ventiladores auxiliares.
- **Adequar o sistema à carga**: sistemas são dimensionados freqüentemente para o pico de carga, sem maiores considerações para carga parcial, o que ocorre sempre com sistemas de refrigeração, em função da variação da temperatura ambiente. Muitas medidas de eficiência energética são aplicáveis: prover vários estágios, desligamento automático, sistemas paralelos. Economias podem variar de 5 a 30% da energia consumida.
- **Atualizar equipamentos acessórios**: como bombas, ventiladores, torres de resfriamento, etc., inclusive os controles utilizados.
- **Operação e manutenção**: operar adequadamente, ajustando variáveis às condições de momento e manter programas de manutenção, com limpeza de filtros e serpentinas, recomposição da isolação, recuperação de vazamentos e umidade no refrigerante, ajuste e lubrificação podem trazer reduções substanciais de energia.

Venturini e Pirani (2005, p. 246-) citam diversas medidas de eficiência energética que podem ser quantitativamente avaliadas:

- **Adequar a temperatura**: quando uma temperatura abaixo da requerida é ajustada.
- **Adequar a iluminação**: quando é utilizada iluminação incandescente na câmara.
- **Adequar o controle**: quando nem chaves de temperatura ou pressão são providas, liberando o funcionamento contínuo do sistema.
- **Adequar localização e isolação**: quando há incidência de raios solares ou isolamento deficiente.
- **Adequar vedação por portas e cortinas**: quando estas causam perdas excessivas.

Citam também outras medidas de eficiência energética cujo dimensionamento é mais difícil:

- **Adequar a forma de armazenagem**, não prejudicando a livre circulação do ar frio.
- **Adequar a localização**, evitando a proximidade de fontes de calor.

- **Instalar forçador de ar**, evitando o acúmulo de gelo no evaporador[83].
- **Instalar controle de iluminação**, desligando-a quando não necessária.
- **Evitar formação de gelo**, que prejudica a troca de calor.
- **Desligar o forçador de ar**, enquanto a porta da câmara estiver aberta, evitando a saída de ar frio.
- **Operação e manutenção adequadas**, como, por exemplo, limpeza do condensador, troca de filtros, conjunto motor-compressor não alinhado ou mal fixado à base, vazamentos de óleo, isolamentos adequados, etc.
- **Outras medidas e recomendações**, como manter o colarinho da hélice do condensador, instalar o condensador em áreas ventiladas e sem outras fontes de calor, etc.

Nadel et al. (2002, p. 230 e 235), baseados em estudos da Arthur D. Little, Inc., que examinou 16 medidas de eficiência energética que poderiam ser adotadas em supermercados, comparando com unidades que já as haviam adotado, estimou em 30% a economia possível com um custo médio de 20 US$/MWh, para uma vida útil de 10 anos, para as cargas de refrigeração e de 25 a 40% de economia para os sistemas de ar condicionado, com um custo de 10 a 80 US$/MWh, combinando 20 a 30% de melhoria de eficiência em equipamentos com 24% com instalação e manutenção adequadas. Para o Brasil, levando em conta as limitações já citadas acima, supôs-se 20% a economia possível em refrigeração a custos de 40 a 60 US$/MWh, 10 a 20% de economia com equipamentos de ar condicionado mais eficientes a 40 a 80 US$/MWh e 20 a 30% com instalação e manutenção (incluindo controles e eficientização de sistemas) adequadas a um custo de 20 a 40 US$/MWh.

Como se vê, estas medidas se prestam bem a ofertas ao leilão de eficiência energética.

4.4.1.1.9 Equipamentos de manuseio e processamento

Muitos outros equipamentos na indústria são acionados por motores elétricos. Transporte de material é feito por pontes rolantes, esteiras transportadoras, elevadores de caneca, roscas de parafuso; separação de materiais é feita por peneiras vibratórias, centrífugas; alteração de granulação de material pode ser feita por moinhos, rotativos ou não, picadores, laminadores, enquanto a homogeneização pode ser conseguida com a ajuda de agitadores; alteração de forma é feita em laminadores, extrusoras, máquinas de sopro, tornos mecânicos, prensas, fresas. Cada tipo de indústria tem máquinas específicas, como a têxtil possui os teares, cardas, maçaroqueiras, etc. (LOBOSCO e DIAS, 1988).

Se não há dados suficientes para uma boa análise para equipamentos comuns como bombas e ventiladores, muito menos para estes equipamentos específicos. No entanto, como foi feito no item 4.4.1.1.8 acima, algumas regras básicas se aplicam a todos os acionamentos:

---

[83] Evidentemente, se a redução de energia for maior que o acréscimo dado pelo ventilador.

- **Reduzir a energia requerida**: muitas vezes o projeto de um acionamento foi feito para uma condição que se alterou por qualquer razão; assim, caminhos podem ser reduzidos, trabalhos intermediários evitados, etc.
- **Reduzir ou controlar a velocidade do motor**: o uso da velocidade adequada, como comentado para bombas, ajuda a adequar a energia despendida à energia requerida.
- **Adequar o sistema à carga**: em geral, motores e demais equipamentos funcionam com rendimento máximo à carga nominal; uma certa folga, entretanto, é necessária para evitar sobrecargas, o que muitas vezes acaba superdimensionando o acionamento, como já comentado para os motores elétricos no item 4.4.1.1.3 acima. Assim, a adequação à carga muitas vezes torna-se viável, principalmente quando o equipamento está perto do fim de sua vida útil.
- **Atualizar equipamentos acessórios**: principalmente sistemas de controle têm tido rápida evolução com o progresso da informática. Controles mais precisos, ou envolvendo outras variáveis, podem economizar energia.
- **Operação e manutenção**: programas bem elaborados de manutenção, como lubrificação, além de aumentar o tempo entre falhas, economizam energia. Uma operação regular e atenta para evitar situações de estresse para a máquina também podem contribuir para este fim.

Conhecimentos ainda mais específicos são requeridos aqui. No entanto, as ESCOs podem se especializar em determinado tipo de indústria, adquirindo tecnologia para replicar as medidas de eficiência energética aplicadas com sucesso em uma unidade.

4.4.1.1.10 Gerenciamento energético

Além das medidas descritas acima, há atividades de gestão da energia que podem trazer maiores economias de energia, mas cujo maior objetivo é garantir o efetivo resultado das medidas implementadas e sua manutenção ao longo da vida útil.

O Procel, em convênio com a Efficientia/Fupai e apoio do PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), lançou um guia técnico intitulado "Gestão Energética", que prega exatamente que "a implantação de um Programa de Gestão Energética (PGE) deve ser a primeira iniciativa ou ação visando a redução de custos com energia em uma empresa" (ELETROBRAS e FUPAI/EFFICIENTIA, 2005, p. 15). Existe uma técnica adotada em vários países[84], denominada PCE – Planejamento Corporativo de Energia[85], divulgada no Brasil pelo Programa Gerbi[86] - esta técnica dispõe de várias ferramentas no sentido de implantar a

---

[84] Ver, entre outros: http://www.empinstitute.org; http://www.aeecenter.org/realtime/sep; http://www.cietcanada.com; http://knowenergy.com/

[85] EMP – Energy Master Planning, no original inglês.

[86] Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa na Indústria Brasileira, programa cujas fases I e II são uma iniciativa do governo canadense, administradas pela Agência Canadense de Desenvolvimento Internacional (CIDA) – http://www.programagerbi.com.br/ .

gestão energética em uma empresa, integrando as dimensões tecnológica, organizacional e comportamental (GERBI, 2003).

Na dimensão organizacional, o objetivo é integrar a gestão energética ao dia-a-dia da empresa, tornando-a uma tarefa usual como a administração de materiais e pessoal o é em muitas organizações. A definição clara de uma equipe responsável e suas atribuições, o envolvimento da alta diretoria, a inserção da atividade na cultura própria da empresa, a definição de uma política energética, são tarefas relacionadas à integração desta dimensão à gestão energética. O Procel/Fupai considera a formação de uma CICE - Comissão Interna de Conservação de Energia, como já instituído na administração pública federal, para o gerenciamento da energia.

Na dimensão comportamental, o foco abordado pelo Gerbi refere-se ao treinamento e conscientização do pessoal, destacando especial importância à comunicação dos resultados obtidos com o programa de gestão energética. Também o Procel/Fupai destina um capítulo à comunicação do programa e à importância do treinamento e conscientização.

Um aspecto interessante da técnica PCE é a concepção de várias ferramentas que podem auxiliar na implantação e consolidação do programa – a matriz de gerenciamento energético, por exemplo, ajuda no diagnóstico do atual estágio de gerência energética da empresa e quais passos empreender; a matriz de treinamento também o faz quanto ao programa de treinamento e conscientização; os 7 Passos para a Eficiência Energética estabelece um método racional e progressivo para otimizar as ações de eficiência energética na empresa, partindo do conhecimento de seus custos, e otimizando do uso final ao ponto de suprimento, para então prover ótimas soluções de suprimento, como está esquematizado na Figura 43: primeiro entender o consumo atual para então encontrar as oportunidades de melhoria. Outra ferramenta disponibilizada é o MT&R (*monitoring, targeting and reporting*), que permite a incorporação sistemática das melhores práticas de operação aos sistemas produtivos da empresa, seja um equipamento específico, como uma caldeira, um processo, como o tratamento d'água, ou um departamento, reunindo vários processos. Considera também como otimizar as oportunidades de financiamento de melhorias.

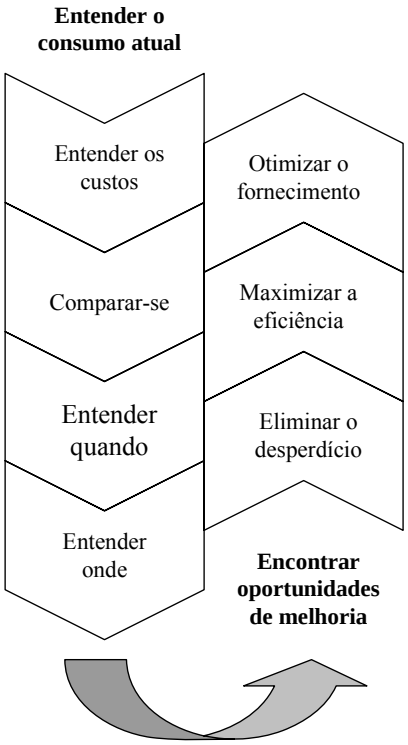


Figura 43 - 7 Passos para a Eficiência Energética

Fonte: GERBI (2003).

Embora a gestão energética englobe todas as ações para otimizar e reduzir os custos com energia, incluindo o uso de equipamentos mais eficientes como abordado nos itens 4.4.1.1.1 a 4.4.1.1.9, ela requer alguns investimentos (como treinamento e comunicação), bem como traz algumas economias adicionais, como as conseguidas com a implantação da técnica de MT&R. Portanto, faz sentido considerarem-se investimentos e economias adicionais com as técnicas de gestão energética, lembrando que na verdade elas estão integradas com as outras ações de eficientização e que seu maior benefício é justamente na consolidação das economias obtidas ao longo do tempo. Somente uma boa gestão energética permite que medidas de eficiência energética tenham reconhecido seu valor e induzam a mais e mais ações.

Difícil é estimarem-se estes valores, pois aparecem na literatura conjugados com outras medidas. Diz o Gerbi: "algumas organizações economizaram 20 a 40% de seus custos com energia através da gestão energética – por que isto não acontece em toda parte?" (GERBI, 2003). Considerando os potenciais possíveis com as outras medidas, parece razoável supor os números da Tabela 28 para a gestão energética, destacando mais uma vez a importância de estudos de campo que corroborem ou não estas estimativas.

Tabela 28 - Economia e custos de gestão energética

Potencial	Economia	Custo nivelado (US$/MWh)
Técnico	10%	
Econômico	5%	30 a 40
Mercado	3%	40 a 50

Fonte: EPE (2006a).

Gerenciamento é uma medida típica para incentivo através de conscientização e treinamento. No entanto, a aplicação de técnicas específicas como o MT&R pode demandar uma consultoria periódica e constituir-se em oferta ao leilão.

4.4.1.2 Oferta de fabricantes: o caso dos motores elétricos

Neste item, pretende-se abordar, através do estudo de um caso específico, como a eficiência energética de novos equipamentos poderia ser vendida, pelos fabricantes, ao leilão, como sugerido no item 2.3.2.3. O custo a maior dos equipamentos eficientes seria, portanto, pago com a energia economizada no seu uso.

O exemplo aqui estudado refere-se aos motores elétricos trifásicos de indução – trata-se de fabricar apenas motores de alto rendimento, o que já foi instituído por regulamentação, como descrito abaixo. Os números apresentados serão baseados em estudo conduzido pela CLASP (*Collaborative Labeling and Appliance Standards Program* - http://www.clasponline.org/main.php), entidade que apóia programas de etiquetagem e padronização em todo o mundo, sob os auspícios da UN/DESA, e realizado por equipe do PPE/COPPE (SCHAEFFER et al., 2005), para investigar as conseqüências das regulamentações dos índices de eficiência energética deste equipamento, em especial o Programa de Metas. À época, este programa previa, na prática, a extinção dos atuais motores padrão em função dos motores de alto rendimento no prazo de 3 anos. Esta ação acabou se consubstanciando na Portaria 553/2005 (MME, 2005a), apenas com o prazo estendido de 4 anos (vigência a partir de dezembro de 2009). Este estudo foi complementado com a colaboração dos orientadores desta tese e de um integrante da equipe da CLASP, Michael McNeil, e publicado na revista *Energy Policy* em junho de 2007 (GARCIA et al., 2007), retomando a análise do impacto das regulamentações brasileiras em índices de eficiência energética em motores elétricos trifásicos de indução, inclusive no sistema elétrico e propondo a "adoção de uma política que possa transferir uma parte do investimento evitado [em novas usinas] para o setor, de tal forma que os preços possam ser reduzidos" (*ibidem*, p. 3435).

A implantação da Portaria 553/2005 revestiu-se de condições inusitadas, propícias ao pesquisador: como os motores de alto rendimento já existem, conhece-se o seu preço final ao consumidor[87], o que permite a comparação do seu maior custo com o benefício que traz pelo menor consumo de energia elétrica. Para a avaliação do benefício, que varia com as condições de uso do motor – carregamento, horas de operação e custo da eletricidade - usou-se uma amostra de 8.939 motores industriais (GARCIA et al., p. 3432), com dados coletados no campo, chegando-se ao perfil operacional mostrado na Tabela 29, onde se supõem todos os motores da linha padrão.

---

[87] Embora não se saiba, por questões de sigilo industrial, o custo necessário para transformar toda a linha de produção para fabricação de motores de alto rendimento – embora 10% da produção já o seja, a mudança é grande para os fabricantes (GARCIA et al., p. 3429).

Tabela 29 – Perfil operacional da amostra (motores padrão)

Grupo	Motores	cv	carreg	rend	kW	h/ano	MWh/a	Preço
1 a 10 cv	4.853	4,8	0,68	0,84	2,89	4.390	13,04	401,26
12,5 a 50 cv	3.210	28,3	0,69	0,90	15,97	5.093	83,49	1.743,26
60 a 100 cv	542	82,1	0,75	0,92	49,20	5.782	288,40	5.195,73
125 a 250 cv	334	169,6	0,76	0,93	101,86	5.696	579,53	10.571,67
Total/média	8.939	24,1	0,72	0,91	14,09	4.776	76,20	1.553,89

Fonte: Elaboração própria.

As colunas da Tabela 29 significam:

Grupo	Grupamento de motores por potência nominal
Motores	Quantidade de motores por grupo
cv	Média da potência nominal dos motores de cada grupo
carreg	Carregamento médio dos motores do grupo
rend	Rendimento médio dos motores do grupo
kW	Potência elétrica média absorvida pelos motores do grupo
h/ano	Funcionamento médio considerado dos motores do grupo
MWh/ano	Energia elétrica média consumida pelos motores do grupo
Preço	Custo médio de unidades novas para os motores do grupo

Considerando-se a mesma situação com motores de alto rendimento, obtêm-se os dados da Tabela 30.

Tabela 30 – Perfil operacional com motores de alto rendimento

Grupo	Motores	cv	carreg	rend	kW	h/ano	MWh/a	Preço
1 a 10 cv	4.853	4,8	0,68	0,87	2,81	4.390	12,67	556,84
12,5 a 50 cv	3.210	28,3	0,69	0,92	15,66	5.093	81,83	2.268,40
60 a 100 cv	542	82,1	0,75	0,94	48,54	5.782	284,56	7.151,09
125 a 250 cv	334	169,6	0,76	0,95	100,21	5.696	569,86	15.244,19
Total/média	8.939	24,1	0,72	0,92	13,84	4.776	74,81	2.120,07

Fonte: Elaboração própria.

O ganho obtido e o investimento a maior podem ser vistos na Tabela 31.

Tabela 31 – Perfil com as economias obtidas

Grupo	Motores	cv	carreg	rend	kW	h/ano	MWh/a	Preço
1 a 10 cv	4.853	4,8	0,68	2,5%	0,08	4.390	0,37	155,58
12,5 a 50 cv	3.210	28,3	0,69	1,8%	0,31	5.093	1,66	525,13
60 a 100 cv	542	82,1	0,75	1,2%	0,65	5.782	3,84	1.955,36
125 a 250 cv	334	169,6	0,76	1,5%	1,65	5.696	9,67	4.672,52
Total/média	8.939	24,1	0,72	1,7%	0,26	4.776	1,39	566,18

Fonte: Elaboração própria.

Anualizando-se[88] as diferenças de investimento, com as taxas de desconto indicadas e dividindo-se pela energia evitada, resulta a Tabela 32.

Tabela 32 – Custo da energia evitada

Taxa de desconto	R$/MWh

[88] Como vida útil, foram considerados: 12 anos para motores até 10 cv, 15 anos para motores de 12,5 a 100 cv e 20 anos para os maiores – como proposto por De Almeida e Fonseca (1996, *apud* APEC-ESIS, 2003).

Taxa de desconto	R$/MWh
12%	57,77
17%	73,40
24%	94,82

Fonte: Elaboração própria.

Estes valores seriam suficientes para não haver majoração de preço. Ressalte-se que se está usando preços e não custos do fabricante, e que a energia retirada o é no local de entrega, ou seja, inclui evitar circulação nos sistemas de transmissão e distribuição (por outro lado, não estão sendo considerados os custos administrativos da ação, inclusive M&V). Mesmo a taxas de desconto elevadas, apropriadas a um cenário de mercado, o custo ficou abaixo do custo marginal de expansão (considerado R$118,32 de acordo com o leilão de dez.2005 – EPE, 2006d).

Os valores expressos são só uma estimativa para referência, já que a amostra utilizada não foi obtida por critérios estatísticos, utilizando-se apenas dados de que se dispunha. Para uma análise mais rigorosa poder-se-ia, por exemplo, medir uma amostra dos motores vendidos – uma sugestão seria anexar ao motor um panfleto, onde em alguns, sorteados segundo critérios estatísticos, haveria um bônus, dando um desconto (significativo) ao consumidor se ele contatasse uma entidade que fosse até a instalação fazer as medições de carregamento e funcionamento (poderia aproveitar para uma verificação completa das condições do motor e orientação ao usuário). Os custos seriam computados como M&V (medição e verificação). Como são vendidos mais de 1 milhão de motores trifásicos no Brasil ao ano (ABINEE, 2003), uma pequena amostra seria suficiente. Uma oferta de 70 R$/MWh ao leilão parece ser suficiente (considerando-se um contrato de 10 anos e taxa de desconto de 12%) para prover e remunerar o custo de adequação da fabricação aos novos motores, sem onerar em muito o usuário final.

Esta venda ao leilão, se implementada com o devido cuidado, pode trazer benefícios a todos os agentes: os fabricantes terão o capital necessário para o investimento e serão remunerados por ele; os usuários de motores terão um produto mais eficiente por um preço mais acessível, beneficiando-se ainda com a redução do consumo; o *pool* de concessionárias comprará uma energia mais barata que a da expansão; os consumidores não-participantes, como analisado no item 2.1.2, terão o benefício da expansão útil mais barata. O maior risco é a energia retirada prevista não se efetivar, que terá que ser assumido pelos fabricantes. A permissão de um repasse parcial deste risco para o preço do motor pode minimizar a sua incorporação à oferta ao leilão. É preciso, outrossim, estabelecer meios de controlar o não repasse do investimento aos preços, por exemplo estabelecendo-se uma forma paramétrica de reajuste permitido de preços, vinculada aos materiais de aplicação, mão-de-obra e demais fatores de custo do produto.

O PBE mostrou a viabilidade de se reunir fabricantes de determinado equipamento para melhorar sua eficiência energética[89]. O contato com participantes do GT-Motores mostrou que (SCHAEFFER et al., 2005, p. 18):

> Segundo os participantes, este grupo sempre agiu de comum acordo, estabelecendo metas cada vez mais desafiadoras, tanto para motores da linha padrão como de alto rendimento, de implementação anual ou bianual, sempre com caráter voluntário. O sucesso de sua atuação motivou a ser o primeiro equipamento a ter índices padronizados, obrigatórios. Como os fabricantes nacionais já praticavam os índices voluntariamente, a vigência da lei trouxe a possibilidade da eliminação de concorrência predatória estrangeira.

Assim, o grupo formado domina amplamente o assunto, e tem tido uma ação conjunta. O estudo citado apontou, em relação ao impacto no processo fabril da fabricação única de motores de alto rendimento, que "embora já se fabriquem unidades de alto rendimento, em princípio iguais aos motores que irão atender à Nova Portaria[90], a sua fabricação exclusiva trará modificações profundas no processo fabril, com investimentos de retorno ainda incerto" (SCHAEFFER et al., 2005, p. 7). E ainda, em relação ao impacto nos usuários finais, em uma das análises feitas, conclui-se que:

> A análise, motor-por-motor, da relação custo-benefício da troca dos motores, em média 40% mais caros, sob o ponto de vista do consumidor, mostrou que, apesar de ser vantajosa em geral para motores trabalhando intensivamente e em regime nominal, não o é em alguns casos com regime parcial ou em potências abaixo da nominal, condição em que operam muitos motores. (SCHAEFFER et al., 2005, p. 7).

O custo desta medida, "45% menor que uma hidrelétrica de médio porte (380 MW) e 46% inferior a uma termelétrica a gás natural (230 MW), mesmo com eficiência de 50% e fator de capacidade 0,9" (ibidem, p. 73), será paga pelos usuários finais dos motores, mesmo naqueles casos em que a troca não trouxer benefícios financeiros. Propor que esta energia mais barata seja "vendida" ao sistema é, portanto, bastante razoável. Acrescente-se a isto que, apesar de todos os incentivos ao uso de motores de alto rendimento feitos por quase duas décadas, eles só conseguiram penetrar em 10% do mercado.

Como se viu, muitas medidas de eficiência energética listadas são adequadas a ofertas ao leilão, com um potencial significativo de economia, como visto. Levantamentos mais precisos são necessários, evidentemente, a um planejamento mais acurado. O planejamento deve apontar, além dos montantes de energia a economizar no horizonte planejado, as barreiras à implementação das medidas e os mecanismos que podem quebrá-las. O passo seguinte é adotar um conjunto de ações que permitam a viabilização destas medidas. Este é o tema do item 4.4.2, relativamente ao leilão de eficiência energética.

---

[89] Isto foi verdade para motores elétricos, com um número reduzido de fabricantes nacionais. Para os demais eletrodomésticos do PBE, a cada avaliação de rendimento, "a tendência é que os fabricantes procurem atingir níveis de desempenho melhores em relação a avaliação anterior" (INMETRO, 2007).

[90] Como era chamada à época do relatório final, vindo a se tornar a Portaria Interministerial 553/2005 (MME, 2005a), que apenas aumentou o tempo para início da vigência dos novos índices de 3 para 4 anos.

4.4.2 Viabilização das medidas de eficiência energética

Que medidas seriam aceitas como proposta ao leilão? A resposta à esta pergunta passa primeiro pela definição do papel do leilão na exploração do potencial de eficiência energética. Da discussão dos resultados do DSB nos EUA, no item 3.1, concluiu-se que a principal contribuição do leilão seria a de convencer os agentes da viabilidade de se usar eficiência energética como alternativa à expansão do sistema, sujeita aos mesmos mecanismos de mercado, ou seja, tornar a energia retirada do sistema algo tão aceito como a geração adicional. Medidas ao leilão, portanto, devem ter critérios claros de mensuração, plenamente aceitos, e um processo confiável de M&V. Como se viu no item 3.1.2, o DSB mostrou serem viáveis medidas em iluminação e força motriz, nos setores comercial (incluindo prédios) e industrial. Durante o *workshop* na EPE em dez.2006, foram citadas também como possíveis ofertas as mudanças específicas em processos de grandes consumidores e a melhoria de eficiência em equipamentos pelo seu fabricante (ou conjunto de fabricantes). Há medidas que normalmente são consideradas em conjunto com medidas de eficiência energética, mas que não o são necessariamente: cogeração, troca de combustível e aquelas de redução de demanda: acumulação térmica, controle de demanda. As concessionárias podem comprar geração distribuída, até 10% do seu mercado, desde 2005 (ANEEL, 2005a) – as medidas de eficiência energética poderiam também serem consideradas geração distribuída. Medidas de redução da demanda poderiam ser consideradas para atendimento ao aumento da ponta do sistema.

Um mecanismo que visa incentivar o mercado e a oferta de propostas não deve impor limites aos projetos possíveis. No entanto, a simplificação do processo de oferta e M&V para as medidas mais comuns incentivaria a entrada de mais agentes no processo – o item 3.1.9 aponta a crítica aos custos altos de transação no DSB americano, que pode funcionar como barreira à entrada.

O PEE da Aneel, embora não limite as medidas que podem ser apresentadas pela concessionária, define alguns parâmetros que simplificam a apresentação e acompanhamento dos projetos. No caso industrial, são contemplados os seguintes usos finais: iluminação, ar condicionado, motores, refrigeração e outros (onde há espaço para os demais projetos) (ANEEL, 2005, p. 55). São fixadas as vidas úteis dos equipamentos em troca: reatores, luminárias, aparelhos de ar condicionado e refrigeração e motores, deixando-se aberta a possibilidade de outro parâmetro ser estabelecido, desde que comprovado através do catálogo do fabricante. Também são estabelecidos cálculos padrão para as economias a computar: no caso de motores, a economia de energia deve ser calculada através da Equação 7 (*ibidem*, p. 58).

$$EE = \left(P_1 \cdot N_1 \cdot \frac{1}{\eta_1} - P_2 \cdot N_2 \cdot \frac{1}{\eta_2} \right) \cdot t \cdot 0,736 \cdot 10^{-3} \quad \text{..... Equação 7}$$

EE	energia economizada	MWh/ano
P_1	potência nominal do motor existente	cv
P_2	potência nominal do novo motor	cv

t	tempo de utilização do motor no ano em horas	h
η_1	eficiência do motor existente	1
η_2	eficiência do novo motor, definido pelo fabricante	1
N_1	quantidade de motores existentes	1
N_2	quantidade de motores novos	1

Como se vê, a fórmula é imprecisa, pois são considerados a potência e rendimento nominais e não os operacionais, que podem – e costumam – ser bem diferentes daqueles (ver Garcia, 2003). Mas, como se tem dito[91], o PEE não tem conseguido focar a economia de energia, embora esforços venham contribuindo para fazê-lo – o ciclo 2005/2006 (ANEEL, 2005, p. 25) já traz a necessidade de comprovação de 0,1% de energia economizada em relação ao mercado consumidor, usando-se técnicas apregoadas pelo IPMVP[92], que serão comentadas adiante. A lição que se extrai para o leilão é que neste a abordagem deve ser técnica e precisa desde o começo, para evitar paralelos com práticas anteriores.

Visando exemplificar como este processo de simplificação poderia ser feito, no caso de uso de força motriz na indústria, considerar-se-ão 4 tipos de medidas a que poderão ser aplicadas as 4 opções do IPMVP (ver item 4.4.5):

- **A:** Troca de motores com carga constante
- **B:** Eficientização de sistema de bombeamento
- **C**: Eficientização de sistema de condicionamento ambiental
- **D**: Aplicação de AVA em nova instalação

Como a operacionalização destas medidas está intimamente ligada às práticas de M&V, no Capítulo 5 o processo de simplificação será detalhado.

4.4.3 Seleção das propostas

Este item visa discutir o formato do leilão a ser adotado e retoma, portanto, a discussão iniciada no item 2.3, onde foram estudadas as características (em relação ao seu comportamento no processo do leilão) dos principais oferentes. Da análise então feita e dos resultados do DSB nos EUA, pode-se resumir as principais características que a seleção pelo leilão deve proporcionar:

- **Confiabilidade**: a confiança no resultado das medidas de eficiência energética deve ser a principal característica do leilão. Portanto, uma avaliação de qualidade deve ser

---

[91] Ver, por exemplo, Schaeffer (2001) na primeira avaliação dos resultados do PEE, e na proposta da adoção de Certificados Brancos no Brasil (SCHAEFFER, 2006, p. 1-2): "CBs criam a obrigatoriedade de se atingirem metas físicas, mais eficiente que metas financeiras (referência ao PEE das distribuidoras). Schaeffer citou estudo de avaliação do primeiro PEE, considerando-o um fracasso, por despender recursos sem preocupação com sua eficiência". Jannuzzi e Gomes (2002, p. 1479) afirmam que "a regulação do 1% da RA proporcionou uma gama de oportunidades em eficiência energética e P&D, mas apresentou distorções, não capturou a operação efetiva das concessionárias competitivas e não transferiu efetivamente aos consumidores os benefícios dos investimentos".

[92] IPMVP – *International Performance Measurement and Verification Protocol* – protocolo mais aceito de medição e verificação, hoje conduzido pela EVO – *Efficiency Valuation Organization* (http://www.evo-world.org).

feita com transparência e rigor – assim, um leilão por qualidade e preço, como discutido no item 2.2.4.3 e praticado nos EUA (item 3.1.8.2 – *scoring system*), parece ser a melhor opção.

- **Colusão**: este é um grande risco que deve ser evitado – e está relacionado a "barreiras à entrada", na medida que um pequeno número de ESCOs podem se especializar e dominar o leilão. O sistema deve ser de envelope fechado (item 2.2.2.1) e um sistema de cotas ou equivalente deve ser implantado para evitar que apenas algumas ESCOs saiam vencedoras.
- **Barreiras à entrada**: uma ampla divulgação do processo deve ser feita entre ESCOs e no mercado de destino (setores industrial e comercial) para incentivar a participação; treinamento no processo do leilão para as ESCOs; avaliação, melhoria e divulgação constantes do processo; financiamento disponível com limitação das garantias a oferecer, conforme o modelo do PROESCO (item 2.3.2.1); simplificação do processo de oferta e M&V são medidas que podem mitigar este problema.
- **Preço discriminatório x uniforme**: a heterogeneidade das medidas dificulta a adoção de preços uniformes. O leilão poderia ser dividido em blocos de medidas, cada uma com seu preço de reserva, e ser de segundo preço dentro do bloco. Os blocos poderiam ser como abaixo indicado e a divisão poderia ser feita após a avaliação prévia das medidas.
    - Iluminação
    - Força motriz
    - Pacotes de medidas
    - Redução de índice de eficiência energética em equipamentos (fabricantes)
    - Processo industrial
- **Diversidade de medidas**: como aconteceu nos EUA, pela facilidade de M&V, aceitação dos donos de instalação, pouca interferência no processo produtivo, a tendência é que medidas em iluminação prevaleçam. O risco é que impeçam o aproveitamento de outras medidas, fazendo crer que apenas iluminação teria características de mercado. Assim, uma divisão em blocos como proposta acima, e a divisão de fatias por blocos após a seleção prévia seria adequada.

O leilão deveria, portanto, conter as seguintes fases:

a. **Divulgação e treinamento**: um amplo programa de divulgação entre donos de instalação, por um lado, e ESCOs e possíveis proponentes (fabricantes de equipamentos e grandes indústrias), por outro, acompanhado de treinamento para os possíveis oferentes deve preceder a etapa de apresentação de propostas e ter constante renovação. O Procel, como sugeriu Jannuzzi (item 4.4), deveria ser o principal mentor desta fase – para aproveitar a experiência do PEE, no entanto, e valer-se do sucesso do PBE, sugere-se constituir uma força-tarefa para o leilão, com a liderança da EPE, que hoje conduz os leilões da oferta, e participação do Procel, da Aneel, do BNDES e do Inmetro, que alocarão mais ou menos recursos à medida que as fases do leilão, como descrito abaixo, forem se sucedendo.

b. **Simplificação e padronização**: para as medidas mais comuns, um processo de padronização simples deve ser preparado, incluindo as medidas de M&V, para minimizar os custos de transação e formulação das propostas. Isto não impediria, por

outra face, que outras medidas fossem apresentadas, desde que acompanhadas de plano prévio de M&V.

c. **Requisição de propostas**: lança-se então uma requisição de propostas, com preços de reserva por blocos de medidas, cota por bloco e sistema de escore (englobando preço e qualidade).

d. **Qualificação das propostas**: as propostas são então qualificadas unicamente por critério técnico: exeqüibilidade, qualificação do pessoal técnico, plano de M&V coerente, permanência das condições de base durante a vida útil do projeto.

e. **Seleção das propostas**: as propostas recebem então o escore, de acordo com o sistema previamente divulgado (que pode variar de leilão para leilão). De acordo com a experiência da XCel (item 3.1.8.2), sugerem-se os critérios abaixo. Caso algum bloco não preencha a sua cota, mais medidas de outros blocos podem ser aceitas.
    - Preço
    - Qualificação da ESCO (ou oferente)
    - Confiabilidade da redução (maturidade das medidas)
    - Persistência
    - Qualidade e completude da proposta

A seleção deve ser feita por região, como discutido em 4.3. Após a seleção, segue-se a fase de implementação que será discutida no próximo item. O tipo de leilão deverá variar de acordo com a necessidade do sistema – por exemplo, se a questão principal for retirar o máximo de energia do sistema (caso de problemas na geração), um leilão de preço uniforme pode estimular mais ofertas. Já no caso de se querer uma abrangência maior das medidas, o de preço discriminatório pode ser mais adequado.

4.4.4 Contratos, financiamento e fonte de recursos

f. **Contrato**: os contratos devem ser firmados entre a CCEE e os oferentes, com anuência dos donos de instalação.

g. **Financiamento**: segundo o BNDES (MELLO *in* EPE, 2006e), o PROESCO pode cobrir os projetos ao leilão. Assim, as propostas vencedoras teriam automaticamente uma fonte de financiamento, atrelado às regras do leilão.

h. **Fonte de recursos**: como a idéia do leilão é ser uma fonte virtual de energia elétrica, como as outras usinas, o seu custo, incluindo os custos administrativos (divulgação, treinamento, leilão, acompanhamento, M&V, avaliação), será repassado às tarifas de todos os consumidores do sistema.

4.4.5 Medição e Verificação

Este é o ponto-chave do leilão. Não só o sucesso do leilão depende de um bom programa de M&V, como também a consolidação dos métodos de M&V no Brasil, com o conseqüente fortalecimento do mercado de ESCOs, pode ser grandemente beneficiado com o sucesso do leilão.

As técnicas de apuração das economias de energia, marcadamente para os contratos de *performance*, fórmula criada para vencer a incredulidade dos donos de instalação, iniciaram-

se no começo dos anos 80s (WALTZ, 2003, p. 271), em contrato feito pelo Departamento de Energia (DOE) americano. Como era de se esperar, a técnica utilizada baseou-se na comparação das contas de energia antes e depois da implementação das medidas, técnica hoje conhecida como opção C (das 4 existentes) do IPMVP. Vale assinalar que o valor bruto das contas era já corrigido pelos efeitos pertinentes das variações do clima, ocupação dos edifícios, produção e outras mudanças ocorridas no uso da instalação. Com o passar do tempo, ocorreram situações em que a aplicação desta técnica tornava-se muito complicada, já pela dificuldade de mensuração dos efeitos das outras variáveis, já pelo pequeno porte das medidas em relação ao consumo total medido, já por haver compartilhamento dos sistemas modificados (por exemplo, um sistema central de ar condicionado em prédio, com geração de água gelada em resfriador (*chiller*) a cargo do condomínio e *fan-coils* instalados e medidos em cada usuário). Surgiram então outras técnicas que isolam a área modificada do restante da instalação e executam medições pertinentes: a opção A mede alguns parâmetros[93], chamados de parâmetro chave, e estima outros e a opção B mede todos os principais parâmetros com efeito na economia de energia (alternativa tornada viável pela automação e instrumentação dos prédios). Posteriormente, surgiu uma opção D que, na falta de parâmetros que possam ser medidos (por exemplo, em novas instalações), cria um algoritmo, geralmente implementado em *software*, para medição da economia atingida. Esta opção também é usada para modelar a participação individual de medidas em um conjunto de ações implementadas em uma instalação e medidas pelo seu efeito global no medidor da instalação (HAHN, 2007).

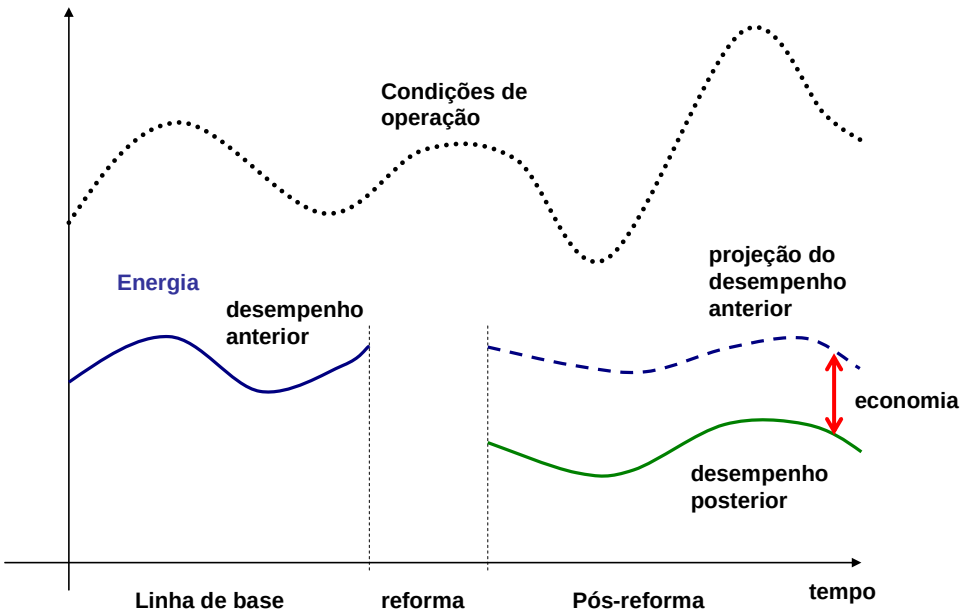
Como dizem sempre os especialistas (WALTZ, 2003, p. 270; PROCEL, 2007, p. 16), "não é possível medir economia de energia!". Há uma medição do desempenho do sistema antes da reforma[94] da instalação, nas condições então existentes, e outra medição após a reforma, nas condições atuais. A Figura 44 procura ilustrar esta situação: a economia será a diferença entre o desempenho atual medido e a projeção do desempenho anterior, chamada de linha de base[95], nas condições atuais.

---

[93] O IPMVP exige apenas a medição de pelo menos um parâmetro (HAHN, 2007, comunicação pessoal).

[94] O termo mais usado tem sido a palavra inglesa "*retrofit*", que significa a troca de componentes em equipamentos ou equipamentos em sistemas para, no caso de medidas de eficiência energética, torná-los mais eficientes no uso da energia.

[95] Costuma-se também adotar o termo inglês "*baseline*".



Fonte: Elaboração própria, baseado em EVO (2007).
Figura 44 – Estimativa de economia de energia

O IPMVP (IPMVP, 2000, p. 21) cita as condições que mais afetam o consumo de energia: clima, ocupação, produtividade total da planta e operações do equipamento requeridas por estas condições. A boa prática de M&V requer que um Plano de M&V seja estabelecido antes do contrato, especificando, entre outros itens, que variáveis serão medidas e quais serão estimadas por comum acordo entre as partes. No caso do contrato de *performance*, geralmente entre ESCO e dono da instalação, um conhecimento mútuo deve haver para que o Plano de M&V meça as variáveis importantes, garantindo à ESCO que não receberá menos que o devido e ao dono da instalação que não pagará a mais, mas não faça medições e verificações que apenas aumentem o custo do projeto, prejudicando ambas as partes[96]. Um projeto de iluminação, por exemplo, pode estimar o número de horas em salas com ocupação não constante, sabendo ambas as partes que a incerteza é de 10%, já que um valor menor de incerteza exigiria uma medição constante ou uma pessoa de plantão. Já no caso do leilão, é importante garantir que a energia economizada realmente atendeu ao planejamento feito, evitando a entrada de novas usinas.

No item 1.4.5, viu-se que o planejamento de longo prazo é feito por modelo *bottom-up*, onde o índice de eficiência energética em cada uso final, em kWh/ton em geral para o setor industrial, é um dos determinantes da projeção da demanda. Desde que se garanta, portanto, que a medida de eficiência energética reduzirá este índice, ela terá cumprido seu papel. No Plano Decenal, embora haja uma tendência de se caminhar para o mesmo algoritmo, ainda se

[96] Waltz (2003, p. 82) comenta que "o plano [de M&V] deve equilibrar o custo de medição com o valor da redução da incerteza. Qualquer despesa em M&V que não reduza a incerteza [da economia de energia] é desperdício".

usa análise pela elasticidade energia-PIB[97]. Porém, mesmo assim, reduzindo-se o índice kWh por produção, automaticamente diminui-se a elasticidade energia-PIB, com o mesmo resultado final. Já no setor comercial, as projeções são feitas pela evolução da população e renda *per capita*, e suas elasticidades com o consumo de eletricidade. Correlacionar a energia com a taxa de ocupação, garantindo-se que o índice kWh/pessoa.hora diminui é uma garantia que a medida atingiu a redução planejada.

Se a maior contribuição do leilão é trazer confiabilidade à energia elétrica economizada, a M&V é o ponto crucial para tal. A proposta para conseguir isto é torná-la uma atividade certificada, como sugeriu a IEA (ver item à página 75). Retomando a idéia de força-tarefa para o leilão, apresentada no item 4.4.3, a participação do INMETRO é fundamental pela confiabilidade que desfruta por sua atuação no PBE e na certificação de produtos industriais, que tem recebido ampla divulgação na mídia. O MME, através desta força-tarefa, qualificaria técnicos e respectivas estruturas (podendo ser Universidades, entidades de ensino técnico como CEFETs e Senai, ou mesmo ESCOs que quisessem se especializar nesta atividade), nas diversas regiões, que executariam o processo de qualificação das propostas, aprovação do plano de M&V elaborado pelas ESCOs na proposta, e realizariam as atividades de M&V necessárias à comprovação da economia de energia. Esta força-tarefa estabeleceria, por outro lado, procedimentos padrão de M&V para as ofertas mais comuns, diminuindo o custo das propostas e atividades de M&V (no entanto, outros métodos poderiam ser apresentados desde que comprovassem a economia atingida).

No Capítulo 5, o assunto M&V será aprofundado, pela sua importância no sucesso do leilão. O item seguinte, finalizando as etapas de operacionalização do leilão, destaca a importância de constante análise e realimentação do processo.

4.4.6 Avaliação e aprimoramento do mecanismo

O *workshop* da EPE do dia 7 dez.2006 mostrou a diversidade de caminhos que o leilão pode tomar. Este trabalho apresenta uma proposta concreta, buscando avançar nesta discussão. Maiores debates deverá haver até que se chegue a um modelo com possibilidade de aceitação pela maior parte dos agentes e tenha chance de sucesso. Uma proposta também sensata é a realização de uma experiência piloto, que possa revelar os reais empecilhos ao processo e

---

[97]"A projeção do mercado de energia elétrica é elaborada por subsistema elétrico e por classe de consumo (residencial, industrial, comercial e outras). A projeção por classe de consumo baseia-se na evolução de alguns parâmetros característicos do correspondente segmento do mercado, bem como na evolução do PIB e da população. Assim, para a classe residencial, consideram-se dois parâmetros básicos: o consumo médio por consumidor residencial (CPC) e a relação entre o número de consumidores residenciais e a população (NCR/POP). Para a classe comercial, destaca-se o consumo comercial per capita (CC/POP) e, para as outras classes de consumo, o seu consumo per capita (CO/POP). No caso da classe industrial, tratam-se separadamente dois grupos de consumidores: o dos chamados grandes consumidores industriais e o restante da indústria, cujo consumo é denominado de consumo industrial tradicional (CITrad). O tratamento dado aos quatro parâmetros CPC, CC/POP, CO/POP e CITrad, é semelhante, buscando-se uma correlação de cada um deles com a renda (PIB). Nesse sentido, denotando genericamente qualquer desses parâmetros por X, buscou-se correlacionar a elasticidade de X relativamente ao PIB com o próprio crescimento do PIB." (PDEE 2007-2016 - EPE, 2007a, p. 86).

permita vislumbrar a sua solução, antes de uma implementação em larga escala. Este processo de planejamento – ação – análise – melhoria, conhecida técnica de administração com o nome PDCA (*plan – do – check – act*), parece ser uma técnica apropriada para a consolidação do leilão, ou a correção de seu rumo em função dos problemas que a expansão do sistema elétrico brasileiro em geral, e a aplicação de eficiência energética em particular, venha a enfrentar. Em situações com poucas chuvas, por exemplo, o leilão poderia ser acionado com maior ênfase e menores exigências para evitar racionamentos; para atender a eventuais faltas de capacidade de atendimento à ponta, poderia incentivar medidas de redução à demanda e até venda de disponibilidade de funcionamento de equipamentos (ver nota de rodapé 61, à página 76).

O próximo item proporá uma proposta de arranjo institucional, formatando em maiores detalhes a força-tarefa indicada nos itens 4.4.3, 4.4.5 e 4.4.6. A idéia, no entanto, é ressaltar as funções técnicas necessárias em cada fase do leilão, associando-as às *expertises* e experiências disponíveis – não se pretende entrar nos aspectos administrativos, que fogem inteiramente ao escopo do trabalho e competência do autor.

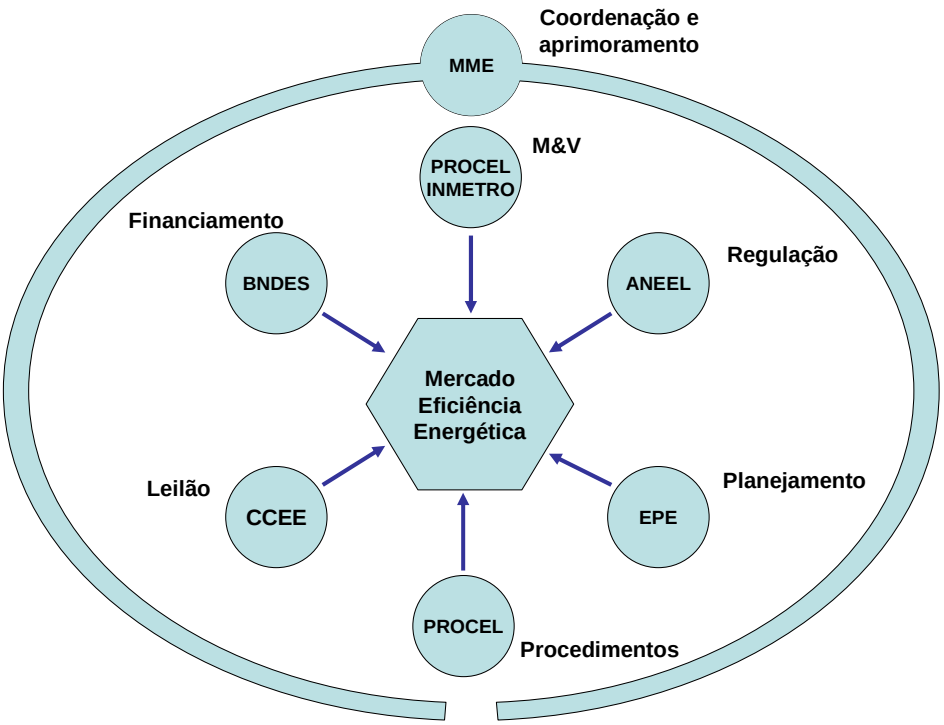
4.5 Arranjo institucional

Conjugando o modelo proposto por Jannuzzi (item 4.4), a análise do mecanismo pela IEA (item 3.2.2), a estrutura montada pela XCel para atender ao seu programa de DSB (item 3.1.3), além do conhecimento dos agentes em eficiência energética no Brasil, propõe-se formar uma força-tarefa que reunirá diversas *expertises* já disponíveis, com maior ou menor ênfase em cada tarefa do programa, conforme a Tabela 33 e o esquema da Figura 45 (não por acaso semelhante ao da Figura 11, que mostra os agentes do Setor Elétrico).

Tabela 33 – Estrutura da força-tarefa para o leilão de eficiência energética

Tarefa	***Expertise***	**Instituições**	
		Líder	**Participantes**
Planejamento	Planejamento energético de longo e curto prazos	EPE	PROCEL
Procedimentos	Padronização e simplificação de medidas de eficiência energética e ações de M&V	PROCEL	ANEEL; CEPEL
Leilão	Seleção de propostas via leilão de preços e qualidade	CCEE	EPE; PROCEL
Regulação	Contratos de fornecimento de energia; plano e ações de M&V Repasse às tarifas: composição tarifária de energia elétrica	ANEEL	PROCEL
Financiamento	Financiamento de contratos de *performance*	BNDES	
M&V	Ações de M&V; medição de desempenho; metrologia	PROCEL; INMETRO	INEE
Coordenação e aprimoramento	Coordenação das atividades Análise e aperfeiçoamento do mecanismo	MME	DEMAIS

Fonte: Elaboração própria.



Fonte: Elaboração própria

Figura 45 – Força-tarefa para o leilão

À EPE caberia o planejamento energético do mercado: levantamento de potencial (incluindo energia e demanda a reduzir, custos associados, barreiras e parcela explorável pelo leilão), no que contaria com a experiência do PROCEL nas pesquisas de mercado e estimativa de potencial. O PROCEL, assessorado pelo CEPEL e ANEEL, estabeleceria procedimentos para as ações mais comuns – levantamentos, propostas, níveis de eficiência energética, ações de M&V – visando a diminuição dos custos de transação, bem como faria treinamentos às ESCOs e conscientização aos donos de instalação do mecanismo do leilão; o leilão propriamente dito seria feito pelo CCEE como nos leilões existentes, com a EPE e o PROCEL participando na qualificação das propostas; o financiamento seguiria o padrão do PROESCO do BNDES; as ações de M&V seriam coordenadas pelo PROCEL e INMETRO que instituiriam uma rede de *acreditação*[98] em atividades de M&V baseado no IPMVP, assim como acontece hoje para laboratórios de metrologia, organismos de certificação (por exemplo, nas normas ISO 9000), organismos de inspeção e organismos de verificação de desempenho (INMETRO, 2007), efetuando os treinamentos necessários; à ANEEL caberia as tarefas de regulação do processo – contratos, planos e ações de M&V e a forma e procedimentos para que os custos das medidas fossem incorporados às tarifas cobradas pelas concessionárias; o MME faria a

[98] "A *acreditação* é atestação de terceira parte relacionada a um organismo de avaliação da conformidade, comunicando a demonstração formal da sua competência para realizar tarefas específicas de avaliação da conformidade. No Inmetro é de caráter voluntário e representa o reconhecimento formal da competência de um Organismo de Avaliação da Conformidade - OAC para desenvolver tarefas específicas, segundo requisitos estabelecidos" (INMETRO, 2007).

coordenação das atividades e, não menos importante, a avaliação e aprimoramento dos resultados.

4.6 Passos a percorrer

Apresenta-se abaixo uma seqüências de passos a percorrer para a formatação e implementação do leilão de eficiência energética no Brasil[99]. Haverá necessidade de estudos, discussões e proposição de arranjos institucionais e legais prévios. Este item apresenta o conteúdo destas fases, agentes envolvidos e estima sua duração.

4.6.1 Estabelecimento do modelo

Inicialmente, é necessário um estudo para definição de vários aspectos do modelo, como o apresentado neste trabalho. Ao final, um texto que sirva como preparação, bem como uma apresentação que subsidie uma rodada de discussões com os agentes, deverão ser preparados.

4.6.2 Interação com os agentes e aperfeiçoamento

Encerrada a fase acima, é conveniente fazer-se uma rodada de negociações com os diversos agentes para consolidação da proposta. Os textos elaborados deverão ser apresentados e discutidos com os agentes relevantes do setor, incluindo MME, Aneel, Procel, EPE, ESCOs, consumidores de energia, distribuidoras de eletricidade e outros representantes do setor. Baseado nestas discussões, um texto que represente o consenso deverá ser elaborado.

4.6.3 Aspectos legais e institucionais

Haverá leis a serem mudadas, não só para estabelecer o leilão em si, como o cálculo das tarifas do consumidor cativo e as atribuições das diversas entidades que participarão do processo. Será necessário, portanto, realizar avaliação do contexto legal e proposição de possíveis alterações para viabilização dos leilões de eficiência energética.

4.6.4 Tramitação final

Após a conclusão de todos os estudos e discussão com a sociedade, o projeto deverá ser encaminhado para tramitação nas instâncias governamentais – MME e Aneel, e outras que se fizerem necessárias.

4.6.5 Programa piloto

Uma vez concluída a fase de definição do arcabouço institucional e legal, é recomendável que se faça um projeto piloto, de curto alcance (período de implantação das medidas, vida útil dos projetos, energia economizada), para avaliação e consolidação dos processos operacionais. Pode-se escolher uma determinada região ou uma concessionária onde as condições de monitoramento dos resultados seja facilitada.

---

[99] Este item está baseado num exercício feito por H. Geller, A. Garcia e R. Aragão em jan.2007.

Na região selecionada, um leilão de projetos de eficiência deve ser conduzido. Propostas devem ser solicitadas e avaliadas, contratos negociados e assinados, os projetos de eficiência energética implementados, ações de medição e verificação efetivadas e os pagamentos pelas economias de energia efetuados. Isto irá prover uma experiência real de como todas estas atividades devem funcionar, e os problemas que podem surgir dentro da realidade brasileira.

4.6.6 Divulgação e capacitação

Deverão ser desenvolvidos treinamentos para capacitação dos profissionais envolvidos (ESCOs, concessionárias, agentes executores do leilão, medição e verificação, etc.) e conscientização e conhecimento do processo para os tomadores de decisão envolvidos (concessionárias, donos de instalação). Esta atividade pode ser conduzida em paralelo com o programa piloto, depois da aprovação do modelo do leilão. Por fim, deve-se prever uma divulgação ampla do programa e suas características, para que seja bem aceito pelo conjunto da sociedade e possa servir para o aumento da eficiência no uso da energia elétrica no país. Esta fase pode começar depois que os resultados do programa piloto estiverem suficientemente definidos.

4.6.7 Operacionalização

Consolidado o modelo, deve-se implantar a estrutura necessária definida e iniciar a fase operacional.

4.6.8 Cronograma indicativo

Como uma indicação prévia dos tempos envolvidos, sugere-se o cronograma da Tabela 34, após a tomada de decisão de implantação do leilão.

Tabela 34 – Cronograma de implantação

Fases		Trimestres											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Estabelecimento do Modelo	■	■	■									
2	Interação com os Agentes e Aperfeiçoamento				■								
3	Aspectos Legais e Institucionais				■								
4	Tramitação Final					■							
5	Programa Piloto						■	■	■	■	■	■	
6	Divulgação e Capacitação									■	■	■	■
7	Operacionalização											■	■

Fonte: Geller, Garcia e Aragão (2007 – ver nota de rodapé 99).

O próximo capítulo 5 tornará à questão da M&V, iniciada no parágrafo 4.4.5, com o intuito de aprofundar a questão de como se garantir a retirada de parcela do consumo de energia elétrica ("usina virtual") para o planejamento da expansão útil do sistema.

5 MEDIÇÃO & VERIFICAÇÃO

O objetivo da M&V, como visto no item 4.4.5, para o leilão de eficiência energética é garantir-se um montante de energia economizada a partir das ofertas ao leilão, que seja compatível com as projeções feitas nos planejamentos de longo e curto prazos. Ele será garantido com a redução dos índices de kWh/produção no setor industrial ou kWh/ocupação no setor comercial, ou ainda kWh/domicílio no setor residencial.

As práticas de M&V foram desenvolvidas para viabilizar os contratos de *performance*, onde tipicamente ESCO e dono da instalação concordam como, onde, quando e o que deve ser medido ou estimado e como serão calculadas as economias. O objetivo, neste caso, é cada parte garantir a sua responsabilidade na realização das economias – tipicamente, a ESCO deve garantir o desempenho dos equipamentos e o dono da instalação a sua operação adequada – o que também pode ser compartilhado com a ESCO (IPMVP, 2003, p. 19). Assim, pode haver acordos convenientes para ambas as partes que, de certa forma, não garantam a economia de energia no futuro – por exemplo, o IPMVP (2003, p. 58) desenvolve uma simulação para a opção B de M&V de uma troca de caldeira onde, por esta troca ser acompanhada de grandes modificações no sistema de aquecimento do prédio, cujo resultado seria de difícil previsão, foi estabelecido para a apuração da economia a situação vigente **antes** da troca. Portanto, nas ofertas ao leilão, um cuidado adicional deve ser desenvolvido para assegurar a redução do consumo em relação ao planejado, como uma exigência de uma terceira parte interessada no contrato.

Não há acordos padrão, ou normas de como se realizar a M&V – como afirma a Eletrobrás/Procel Info (2007a, p. 12), "o protocolo não é uma norma ou diretriz obrigatória, tampouco é um manual de instruções sobre como fazer a M&V. Deve ser encarado mais como um manual de boas práticas a ser aceito por todas as partes envolvidas, o qual estabelece as bases para uma boa avaliação de projetos de eficiência energética". Deve-se considerar que toda atividade de M&V tem um custo, mesmo a estimativa de variáveis. O IPMVP (2003, p. 44) ressalta que "o grau de incerteza aceitável, requerido num cálculo de economia, é função do montante da economia e do custo efetivo da diminuição da incerteza". Assim, conclui (*ibidem*, p. 45), "para cada modelo de determinação de economia e cada instalação, haverá um plano ótimo". A proposta, neste trabalho apresentada, da criação de uma estrutura de certificação, padronização e simplificação das ofertas mais comuns ao leilão, visa conseguir uma economia de escala e diminuir os custos de transação individuais.

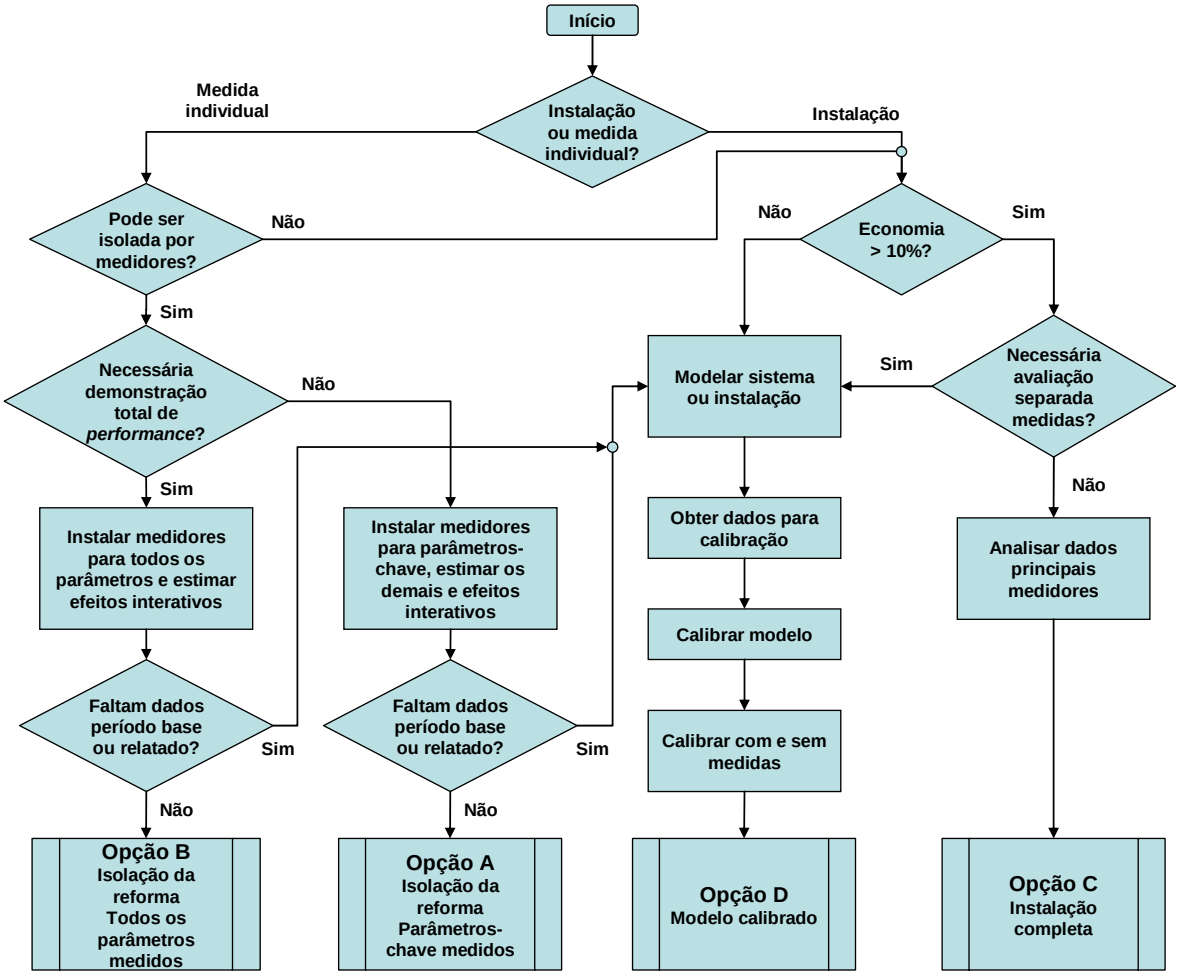
5.1 Opções de M&V

O IPMVP (EVO, 2007) adota 4 opções básicas de M&V, como já citado rapidamente no item 4.4.5, e que merece ser melhor estudado neste passo. As opções determinam as variáveis a medir (o que, como e quando medir), o que monitorar e como calcular a economia obtida – portanto, escolher a opção adequada é fundamental para a eficiência do projeto de M&V.

Há duas questões básicas para a seleção da opção a adotar:

- A ação de eficiência energética é localizada, cujo impacto pode ser isolado do restante da instalação ou tem ação difusa, com impacto relevante no consumo total?
- Pode-se ou não medir as variáveis em ambos os períodos base (antes da reforma) e relatado (pós-reforma)?

O IPMVP propõe o fluxograma da Figura 46 para decisão da opção de M&V a adotar.



Fonte: EVO (2007, p. 37).

Figura 46 – Opção de M&V a adotar

As medidas que se pode isolar por medição (que, como mostra a Figura 46, irão resultar basicamente nas opções A ou B) são mais adequadas ao contrato de *performance*, pois têm menos interferências com o que acontece na instalação. Ao contrário, as medidas mais abrangentes (que resultarão nas opções C ou D) exploram mais o potencial de eficiência energética, pois podem envolver medidas de difícil medição (por exemplo, troca de janelas ou hábitos de consumo).

Nas opções de medição isolada, a opção B o faz totalmente, medido todas as variáveis que podem afetar o consumo e a opção A mede somente os parâmetros chave, estimando os demais.

A opção D é uma alternativa para as opções de medição isolada (A e B) quando não se dispõem de dados no período base (instalações novas) ou no período relatado (reformas profundas na instalação) e complementa a opção C quando são necessárias avaliações em separado de cada medida[100] ou quando a economia é pequena demais para se distinguir das variações aleatórias de consumo.

Apresentam-se a seguir quatro exemplos[101], nas quatro opções do IPMVP, para o uso de força-motriz na indústria, complementando o estudo de potencial iniciado no item 4.4.1.1. Na indústria, é mais comum o uso das medições isoladas, porque é difícil ter-se um conjunto de medidas que afetem significativamente toda a instalação – a menos que seja um setor específico da indústria, coberto por medidor, como o setor de refrigeração (envolvendo compressores, bombas, ventiladores) ou condicionamento ambiental central. As medidas isoladas, no entanto, dependem geralmente do processo industrial sendo, portanto, mais fácil a adoção da opção B, quando se pode isolar esta interferência. A opção A envolve um risco, principalmente para a ESCO (já que a operação está a cargo do dono da instalação), na estimativa da variável que a interliga ao processo. Escolheu-se como exemplo um caso de ação em sistema de bombeamento, que pode ser considerado típico na medida que tem uma interferência com o processo, representada pela variação na vazão bombeada, e que envolve melhoramentos no sistema, na máquina acionadora (bomba), no motor elétrico e no dispositivo de acionamento. Para a opção A, supôs-se a vazão constante, e a medida restringiu-se a trocar o motor, uma ação típica em contratos de ESCOs. Para a opção B, supôs-se uma variação na vazão e melhorias no sistema, na máquina e no motor, isolando-se completamente a medição. Na opção C, por causa da falta de melhores dados, usou-se um caso de melhorias gerais no condicionamento ambiental de um aeroporto. Na opção D, retomou-se a opção B com uma ação mais abrangente, envolvendo a aplicação de AVA e supondo-se uma instalação nova.

O objetivo dos exemplos, no entanto, não é elaborar um documento operacional, que possa ser usado em contratos, mas discutir as principais questões envolvidas na sua elaboração e apresentar possíveis simplificações. Para a itemização do estudo das opções, será seguida a estrutura proposta pela Eletrobrás/Procel Info (2007, anexo) para a elaboração de um plano de M&V, entremeada com análise econômica da medida e a oferta ao leilão. Nos exemplos, foram usados alguns dados obtidos em diagnósticos energéticos realizados no período 2000-05, cuja fonte não pode ser divulgada por motivos de sigilo; outros dados foram estimados, como indicado. Para efeito de referência, portanto, considerem-se os dados fictícios.

---

[100] Deve-se lembrar que a separação em opções é didática, na prática cada projeto de M&V é uma combinação de várias opções, ou seja, sempre algum modelo de consumo é feito. "Embora seja identificada como uma opção separada pelo protocolo, o modelo computacional freqüentemente é, e geralmente deve ser, uma parte integrante de qualquer projeto rigorosamente preparado e é potencialmente também uma parte integrante das opções A, B e C" (WALTZ, 2003, p. 153).

[101] A opção C, por suas características de "instalação completa", é de difícil padronização e de uso no setor industrial. Foi apresentado um exemplo em uma instalação comercial de médio porte (aeroporto).

5.2 Opção A: troca de motores com carga constante

5.2.1 Descrição da reforma[102], seu propósito e impacto sobre os usuários

Esta medida de eficiência energética tem sido bastante adotada por ESCOs, no Brasil e em outros países, e consiste na troca de um motor instalado por outro de alto rendimento. No Brasil, como comentado no item 4.4.1.1.2, a partir de dez.2009, só serão comercializados motores de alto rendimento, como concebidos atualmente. A exploração deste potencial, portanto, está sendo explorada por mecanismos de etiquetagem e padronização, o que tem dado bons resultados. No entanto, assim como já acontece nos EUA, é provável o desenvolvimento de uma linha "*premium*", com rendimentos ainda mais altos, fazendo com que uma parte deste potencial possa voltar a ser explorado pelo mecanismo de mercado aqui descrito.

A medida consiste na substituição de um motor padrão em operação por outro de alto rendimento, com potência adequada à carga acionada. Muitos motores na indústria são superdimensionados, trabalhando, portanto, com baixo carregamento (ver Tabela 29, à página 120). O rendimento de um motor é proporcional ao seu carregamento (GARCIA, 2003, p. 53), o que o faz ser ineficiente a baixa carga, mormente abaixo de 50%. Assim, um motor mais eficiente, trabalhando em um ponto de melhor rendimento, economizará energia elétrica, produzindo o mesmo trabalho.

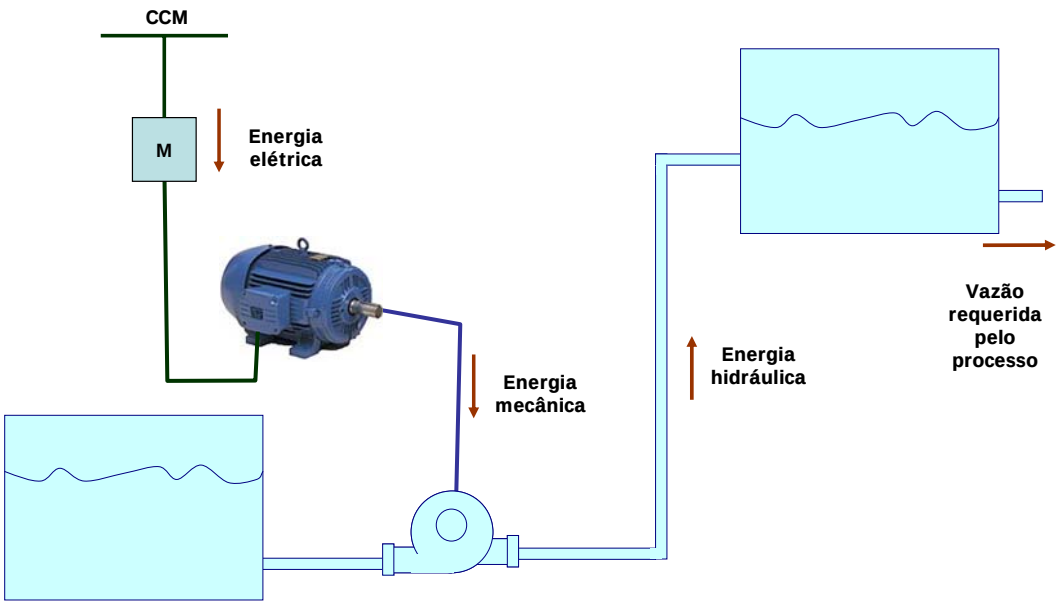
Esta medida tem maior benefício quando realizada perto ou no fim da vida útil do motor, pois o seu custo será apenas a diferença entre o custo do novo motor (e as modificações necessárias para instalá-lo) e o custo de um novo motor igual ao anterior. A vida residual do motor não é aproveitada, o que faz muitas trocas, quando esta vida ainda é significativa, não serem viáveis. Porém, a cultura da troca fica implantada na fábrica hospedeira, e um plano de trocas certamente será implantado no futuro, o que representa um benefício adicional. Esta consideração é importante pois, como afirma a Eletrobrás/Procel Info (2007, anexo, p. 1) "todas as partes envolvidas devem entender o que está sendo realizado [...], não somente pessoas com conhecimento técnico" e "a aprovação final depende, na maioria das vezes, de pessoas sem conhecimento técnico algum".

5.2.2 Fronteira de medição e efeitos interativos com o exterior da fronteira

Como se viu em 4.4.5, as opções A e B de M&V buscam isolar o uso da energia na medida do resto do sistema. A delimitação da fronteira deve, portanto, ser claramente estabelecida, bem como as interações (que não podem ser totalmente isoladas) entre os dois sistemas – como diz a Eletrobrás/Procel Info (2007, p. 20), o local de instalação dos medidores deve delimitar a fronteira. No caso em estudo, a Figura 47 ilustra esta configuração. Foi considerado um sistema de bombeamento como exemplo.

---

[102] *Retrofit*, no original (ELETROBRÁS/PROCEL INFO, 2007, anexo, p. 1).



Fonte: Elaboração própria
Figura 47 – Fronteira de M&V – opção A

O processo industrial requer um determinado fluxo de um líquido, que deve ser bombeado de um reservatório inferior para outro superior, de onde alimentará o processo por gravidade. A energia hidráulica para elevar o líquido é fornecida por uma bomba, acionada por motor elétrico. Há várias transformações de energia, todas com perdas. A energia final que se quer é a variação da energia potencial do líquido. Na tubulação, ocorrem perdas que variam com a vazão, o diâmetro da tubulação, seu traçado e rugosidade. Na bomba, também ocorrem perdas proporcionais à vazão e ao seu estado de conservação. O motor apresenta perdas fixas e variáveis com a carga.

No caso presente, a fronteira está, de um lado, no CCM (Centro de Controle de Motores, que fornece a eletricidade para o motor e onde será instalado o medidor) e de outro na potência fornecida no seu eixo. O ideal seria poder-se medir esta potência, o que não é viável para as condições de campo.

5.2.3 Opção de Medição e Verificação

Se as partes chegaram à conclusão que a vazão pode ser considerada constante, a melhor opção de M&V é a **A**. O IPMVP (EVO, 2007[103], p. 21) define a opção A como "parâmetros-chave medidos"; os demais parâmetros que influem no consumo devem ser estimados, inclusive quanto ao erro que introduzem. No caso em estudo, a potência do motor será medida e o tempo de funcionamento da bomba estimado.

---

[103] Durante a realização deste trabalho, em nov.2007, o IPMVP liberou uma nova versão do protocolo (EVO, 2007), com várias alterações em relação à versão de 2000, traduzida pelo INEE (IPMVP, 2003). Assim, algumas citações são desta versão e outras de versões anteriores.

Um ponto crucial para o projeto de M&V neste caso é a constância da vazão, que permite várias simplificações sobre as considerações sobre o regime de operação da bomba e as potências envolvidas (comparar com a opção B e D, descritas nos itens 5.3 e 5.5, que exigem a elaboração de um perfil de funcionamento). Devem constar no plano as razões que levaram à essa conclusão: regularidade na operação da fábrica, regularidade do processo, vida útil e estado da bomba e da tubulação, resultados de medições feitas por algum período. Devem ser previstos ajustamentos não rotineiros para mudanças nessas variáveis – alteração na vazão e troca da bomba (caso haja alguma possibilidade, troca também da tubulação ou variação na densidade do líquido).

5.2.4 Variáveis independentes e fatores estáticos

Segundo a Eletrobrás/Procel Info (2007, p. 20), variáveis independentes são aquelas que influenciam o consumo de energia (produção, clima, taxa de ocupação, etc.). Fatores estáticos são as variáveis que influenciam o consumo de energia, mas que se espera não variar durante o período do contrato.

Neste caso, admite-se uma vazão fixa (dentro de limites estabelecidos – 10%) e todas as perdas também fixas, resultando em uma demanda constante de energia mecânica para a bomba e para o motor. São, portanto, fatores estáticos.

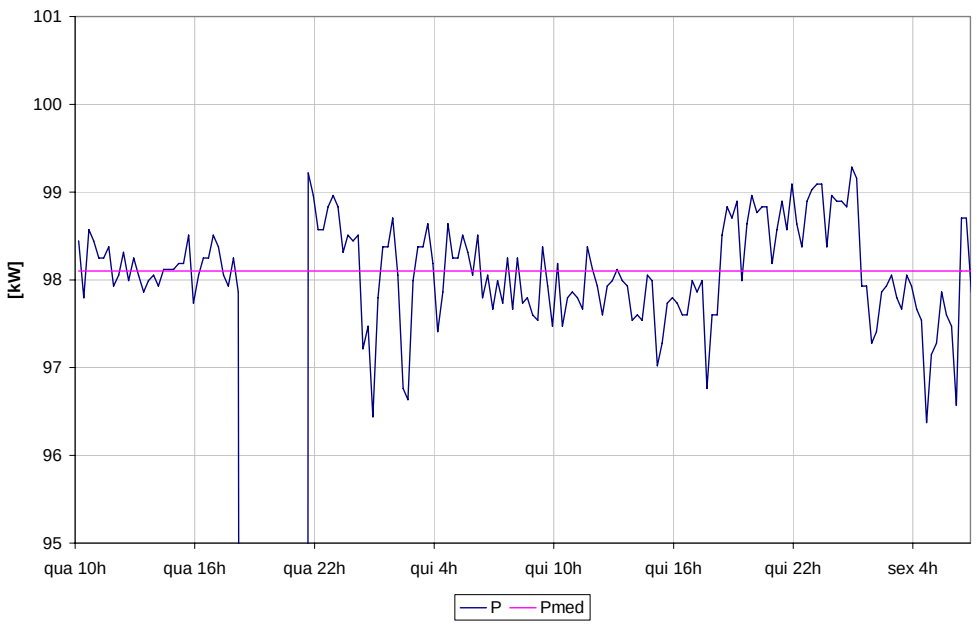
5.2.5 Plano de monitoração dos fatores estáticos

Se existir um medidor de fluxo na tubulação, esta seria uma boa variável a medir, alargando a fronteira até o sistema hidráulico. Não existindo, devem-se procurar outros meios de verificar a regularidade da vazão – por exemplo, o nível do tanque superior não deve se alterar além dos limites estabelecidos. O estado da bomba e da tubulação e a densidade do líquido são outras variáveis do restante do sistema que podem interferir na redução de energia e devem ser acompanhadas nas verificações regulares.

5.2.6 Linha de base

É aconselhável colocar uma analisador de grandezas elétricas no CCM por um período razoavelmente longo (alguns dias) no período anterior à reforma para se analisar o grau de variação da potência, e logo após a reforma, para confirmar a redução de potência observada. Este medidor também servirá para ajudar a estimar o número de horas de funcionamento da bomba (como se está falando em energia, sempre as duas variáveis, potência e tempo, devem ser consideradas).

A Figura 48 mostra um exemplo de medição em motor de bomba.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 48 – Medição em motor de bomba

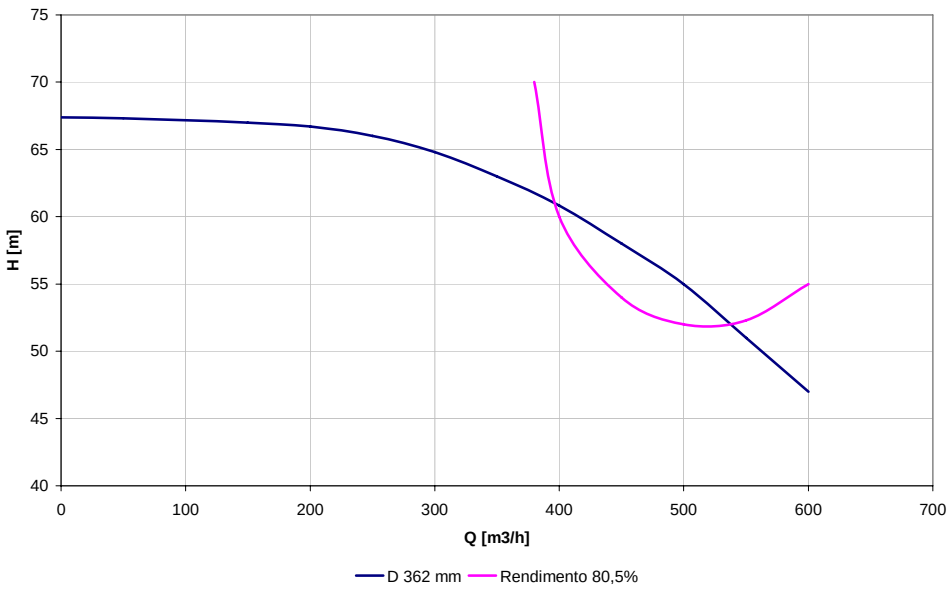
Um resumo dos dados levantados e seu processamento está na Tabela 40.

Tabela 35 – Dados nominais e operacionais do motor

Dados nominais					
Potência	cv	175			
Tensão	V	440			
Corrente	A	220			
Rebobinado	[S,N]	S			
Dados de operação		**Média**	**Máximo**	**Mínimo**	**DesvPad**
Potência	kW	98,1	99,3	96,4	0,6
Tensão	V	450,5	458,8	442,0	3,4
Corrente	A	162,7	164,7	160,3	0,9
Fator potência	1	0,77	0,78	0,76	0,004
Carregamento	1	0,71	0,72	0,70	0,004
Rendimento	1	0,94	0,94	0,94	0,0001
Potência mecânica	cv	124,9	126,5	122,7	0,8
Funcionamento	h/ano	7.500			

Fonte: Elaboração própria.

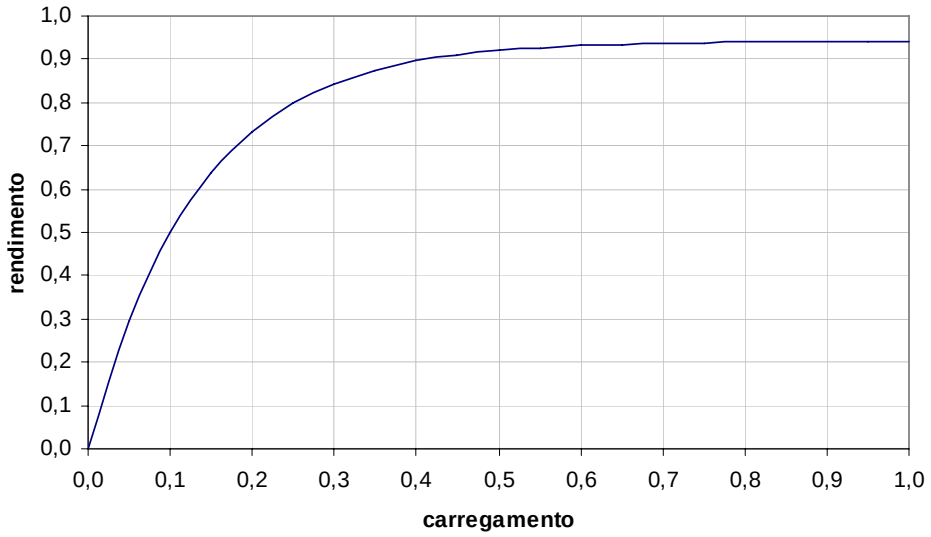
Como se pode ver pela grandeza relativa dos desvios padrão, o processo é bem constante. Os algoritmos utilizados não serão detalhados aqui, mas deveriam constar no Plano de M&V. O tempo de operação foi estimado com base na medição e na previsão de paradas para manutenção. Como parâmetro de referência, tendo em vista a curva da bomba, apresentada na Figura 49, e em medições da variação do nível do tanque superior com a bomba desligada, estabeleceu-se como referência a vazão de 500 m^3/h; a altura estática é de 25 m e a correspondente às perdas, à vazão estimada, de 30 m.



Fonte: Elaboração própria, baseado em KSB (2007).
Figura 49 – Curvas da bomba

Eventuais correções de alterações na vazão, na bomba, na tubulação ou no líquido ocorridas no período pós-reforma deverão ser baseadas nestes parâmetros e na curva de rendimento do motor apresentada na Figura 50. Na falta da curva específica do motor em questão, adotou-se a curva de um fabricante nacional, facilmente disponível na internet, como indicado na figura. Definições padrão de curvas de motor e bomba, a partir, por exemplo, de índices mínimos estabelecidos (caso da Lei de Eficiência Energética para motores – item 4.4.1.1.2) poderiam ser feitas pela força-tarefa para o leilão, facilitando os custos de transação.

Não serão detalhados aqui os algoritmos de correção para os ajustes não-rotineiros (variação nos fatores estáticos), o que deve ser feito no Plano de M&V.



Fonte: Elaboração própria, baseado em Weg (2007).
Figura 50 – Curva de rendimento do motor

Após este período inicial, medições instantâneas (1 min) periódicas podem confirmar a permanência da situação. Observações do nível de atividade da fábrica podem dar uma indicação da permanência do regime de funcionamento.

5.2.7 Análise econômica e oferta ao leilão

Baseado nos dados de medição, foi sugerida a troca do motor existente por outro de alto rendimento com potência nominal de 150 cv, que apresentou melhor desempenho que o de 125 cv, que também atenderia à carga solicitada. O motor existente foi considerado em fim de vida útil, tendo-se estipulado um valor residual nulo. O investimento considerado, apresentado na Tabela 36, visto pelo dono da instalação, consistiu no preço a maior do motor de alto rendimento (que serviu como custo-base do investimento), serviços adicionais para adaptação do motor (estimados em 80% do custo-base), participação da ESCO (50% do custo-base) e custos administrativos (20% do custo-base). O custo da energia (em R$/MWh) foi estimado para uma vida útil de 20 anos e uma taxa de desconto de 12% (ver Tabela 37 e considerações abaixo desta).

Tabela 36 – Formação do investimento (sem o leilão) – opção A

Custo	% equip.	R$	R$/MWh
Equipamentos	100%	2.993,94	41,35
Serviços	80%	2.395,15	33,08
ESCO	50%	1.496,97	20,67
Administrativo	20%	598,79	8,27
Total		7.484,85	103,36

Fonte: Elaboração própria.

Os dados da análise econômica antes da oferta ao leilão estão apresentados na Tabela 37.

Tabela 37 – Análise econômica sem oferta ao leilão

Potência nominal	cv	150
Funcionamento	h/ano	7.500
Carregamento	1	0,83
Rendimento	1	0,95
Potência	kW	96,82
Potência reduzida	kW	1,28
Energia reduzida por ano	MWh	9,60
Tarifa paga	R$/MWh	126,10
Custo evitado	R$/ano	1.211,02
Investimento	R$	7.484,85
Retorno	anos	6,2
RCB	1	0,82
Vida útil	anos	20
TD	%	12%

RCB: relação custo-benefício.
TD: taxa de desconto.
Fonte: Elaboração própria.

A tarifa paga foi considerada a média industrial de 2004[104] (ANEEL, 2004). A taxa de desconto adotada foi a praticada pelo PROESCO (COSTA, 2006, p. 12). Embora a relação custo-benefício seja favorável, o tempo de retorno é alto para os padrões aceitos pela indústria. A oferta ao leilão, assim, pode tornar o empreendimento mais atrativo para o dono da instalação, além de garantir maior confiabilidade, pela segurança na apuração da economia obtida por envolver instituições oficiais.

Com a oferta ao leilão, os custos aumentarão – a ESCO terá sua participação aumentada, pois tem que preparar a proposta e acompanhar todas as regras estabelecidas durante a vigência do contrato, para fazer frente aos pagamentos. Os custos administrativos também devem aumentar, pois são maiores as exigências a cumprir. Uma suposição de custos para a situação de oferta ao leilão está apresentada na Tabela 38.

Tabela 38 - Formação do investimento (com o leilão) – opção A

	% equip.	R$	R$/MWh
Equipamentos	100%	2.993,94	41,35
Serviços	80%	2.395,15	33,08
ESCO	80%	2.395,15	33,08
Administrativo	30%	898,18	12,40
Total		8.682,42	119,90

Fonte: Elaboração própria.

Esta análise corrobora a conclusão do item 3.1.4 de custos maiores de medidas ao leilão. Está também coerente com a conclusão de ofertas com valor médio de 61 US$/MWh.

Que valor que a ESCO deve ofertar ao leilão? Um valor mínimo de oferta deveria deixar o dono da instalação indiferente ao leilão, resultando em igual RCB, por exemplo, o que resulta em 26 R$/MWh. O valor máximo seria o preço-teto que, para despertar maior interesse pela eficiência energética, deve ficar por volta de 80% do custo marginal de expansão, ou seja, cerca de 110 R$/MWh. A este preço, a análise econômica do investimento pode ser vista na Tabela 39.

Tabela 39 – Análise econômica com oferta máxima ao leilão – opção A

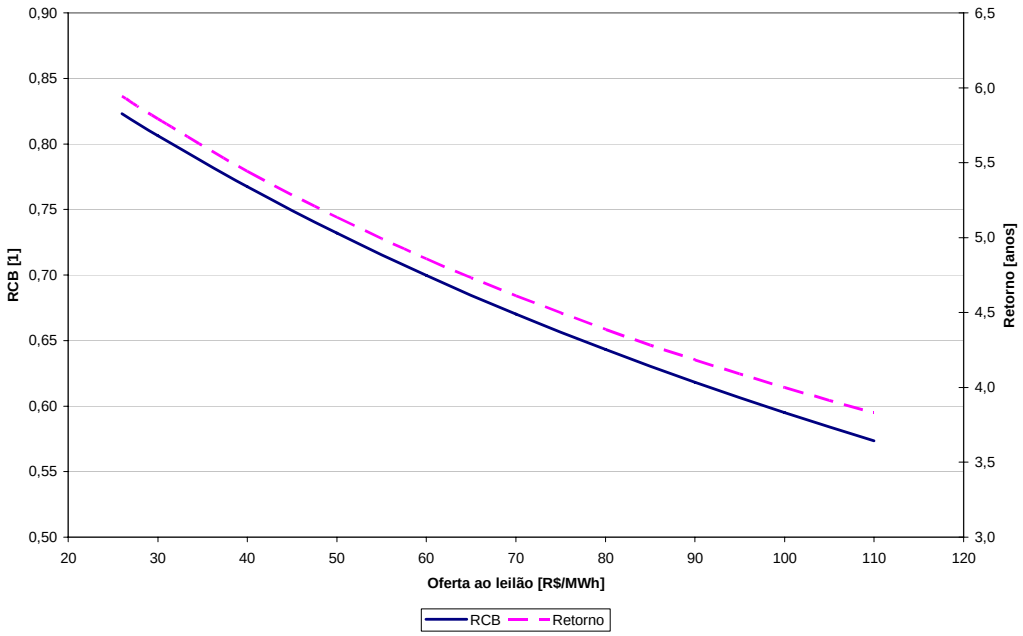
Oferta ao leilão	R$/MWh	110,00
Incentivo a receber	R$	1.056,40
Investimento	R$	8.682,42
Retorno (com leilão)	anos	3,8
RCB	1	0,57
Contrato	anos	10

Fonte: Elaboração própria.

Supôs-se um período de apuração de economia na oferta ao leilão de 10 anos, suficiente para melhorar significativamente a rentabilidade do investimento e, por outro lado, reduzir o custo de transação que um período muito longo poderia trazer. Com este valor, a atratividade

[104] Os dados de preços de motor de que se dispunha eram de 2003.

do investimento aumenta bastante. No entanto, a oferta deve ser balizada pela perspectiva de vencer o leilão, o que irá variar com a concorrência e todo o jogo que envolve o processo do leilão, estudado no capítulo 2. A Figura 51 mostra como variam a RCB e o tempo de retorno simples com a oferta ao leilão. Cabe ao oferente decidir em qual ponto deverá fazer o seu lance.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 51 – Variação da atratividade do investimento com a oferta – opção A

Em quaisquer dessas condições, o investimento torna-se mais atraente ao dono da instalação. O leilão, poderia, portanto, viabilizar muitos projetos semelhantes em força motriz na indústria (e outros). Para a sociedade, o custo da energia deveria ser um pouco maior por envolver também os custos administrativos assumidos pelo sistema (no DSB – item 3.1.4 – foram de 0 a 8 US$/MWh para as concessionárias).

5.2.8 Período pós-reforma

Logo após a reforma, deve-se instalar o mesmo analisador (ou equivalente) de grandezas elétricas por igual (ou semelhante) período[105] para apuração das economias que vão balizar os pagamentos. Após isso, durante a vigência do contrato, medições instantâneas semestrais acompanhadas de verificação da manutenção dos fatores estáticos devem ser feitas para garantir a permanência da redução de consumo. A Tabela 40 resume as variáveis envolvidas no processo.

[105] Precisa-se executar a medição até que se observe uma regularidade nelas (HAHN, 2007, comunicação pessoal).

Tabela 40 – Variáveis Opção A

Variáveis medidas	Período	Medição		
		Forma	**Tempo**	**Equipamento**
Potência do motor	Base	Potência trifásica	1 semana	Analisador grandezas elétricas
	Relatado	Potência trifásica	1 semana após reforma	Analisador grandezas elétricas
		Potência monofásica	1 minuto, a cada 6 meses	Wattímetro alicate

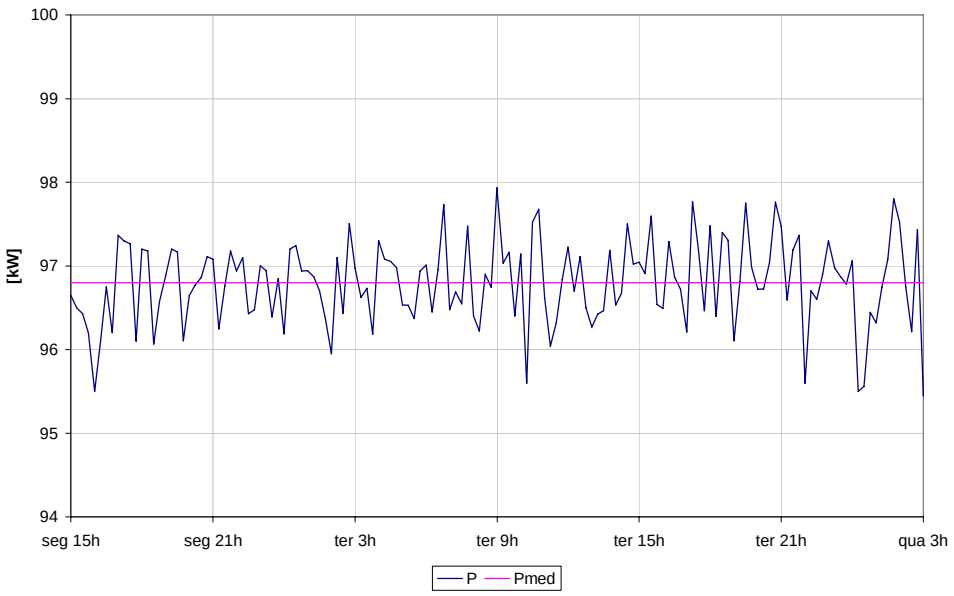
Variáveis estimadas	Período	Estimativa		
		Valor	**Acompanhamento**	**Evidência**
Tempo de operação	Base	Período motor ligado	1 semana	Analisador grandezas elétricas
	Relatado	Período motor ligado	1 semana	Analisador grandezas elétricas

Fatores estáticos	Período	Estimativa	
		Acompanhamento	**Evidência**
Vazão do sistema	Base	Nível do tanque superior	Acompanhar durante período medição motor
	Relatado	Nível do tanque superior	Acompanhar durante período medição motor
Desempenho da bomba	Base	Dados de placa, estado geral	Documentar com foto
	Relatado	Dados de placa, estado geral	Conferir e documentar com foto
Desempenho da tubulação	Base	Estado da tubulação	Documentar com foto
	Relatado	Estado da tubulação	Conferir e documentar com foto
Densidade do líquido	Base	Cor e turbidez	Conferir e documentar com foto
	Relatado	Cor e turbidez	Conferir e documentar com foto
Desempenho do motor	Base	Dados de placa, estado geral	Documentar com foto
	Relatado	Dados de placa, estado geral, medição de potência	Conferir e documentar com foto

Fonte: Elaboração própria.

Após a reforma, novo registro foi feito da potência do motor[106], com os resultados apresentados na Figura 52.

[106] O exemplo é apenas ilustrativo. Na verdade, a situação anterior correspondeu a uma medida real (não revelada, por motivos de sigilo) e a posterior apenas a uma simulação computacional, feita em *Excel*, com dados aleatórios que mantivessem a mesma relação desvio-padrão/média da situação anterior.



Fonte: Elaboração própria.
Figura 52 - Medição após a reforma

O levantamento e análise dos dados gerou a Tabela 41.

Tabela 41 – Situação pós-reforma estimada e medida

Pós-reforma		**Estimada**	**Medida**	**Variação**
Potência nominal	cv	150	150	0%
Funcionamento	h/ano	7.500	7.690	3%
Carregamento	1	0,83	0,83	-0,02%
Rendimento	1	0,95	0,95	-0,001%
Potência	kW	96,82	96,80	-0,02%
Economia	kW	1,28	1,30	1%
Economia anual	MWh	9,60	9,99	4%

Fonte: Elaboração própria.

A pequena variação observada permitiu a consolidação dos valores previstos (sugere-se admitir uma variação de ±10% em relação ao estimado, como sugerido em 3.1.8.4).

O IPMVP sugere um algoritmo de apuração das economias mais complicado, mas que pode deixar a situação mais transparente ao olhar leigo. A fórmula básica é apresentada na Equação 8 (ELETROBRÁS/PROCELINFO, 2007, p. 16).

$$S = B - P \pm ajustes \quad \text{..... Equação 8}$$

S	Consumo evitado	MWh
B	Consumo no período base[107]	MWh
P	Consumo no período relatado	MWh
ajustes	Ajustes na linha de base necessários para levar em consideração alterações de parâmetros ocorridas entre o período base e o relatado	MWh

[107] A edição de 2007 do IPMVP (p. vii) alterou a nomenclatura, que despertava interpretações errôneas, de ano-base (*baseyear*) para período base (*baseline period*) para se referir ao período de medições para estabelecimento do consumo base, isto é, antes da reforma. O período pós-reforma (*post-retrofit*) está referido como período relatado (*reporting period*), para frisar que aquele é, em geral, bem maior que este.

Os ajustes, diz o IPMVP (2003, p. 21), são feitos para conciliar dois usos de energia (período base e pós-reforma) feitos em condições diferentes – essas condições são, geralmente, o clima, a ocupação de ambientes, a produtividade da planta e suas conseqüências na operação dos equipamentos. Assim, o tempo de funcionamento da bomba poderia ser considerado uma condição de ajuste. Considerando o período de 1 ano para o ano-base, resulta:

Tabela 42 – Economia segundo o IPMVP

B	MWh/ano	735,74
P	MWh/ano	744,39
ajustes	MWh/ano	18,64
S	MWh/ano	9,99

As equações seriam:

$$\begin{aligned} B &= P_b \cdot h_b \\ P &= P_r \cdot h_r \\ ajuste &= P_b \cdot \left(h_r - h_b\right) \\ S &= B - P + ajuste = P_b \cdot h_b - P_r \cdot h_r + P_b \cdot \left(h_r - h_b\right) = \left(P_b - P_r\right) \cdot h_r \end{aligned}$$

..... Equação 9

P_b	Potência no ano-base	MW
h_b	Funcionamento no período base	h/ano
P_r	Potência no período pós-reforma	MW
h_r	Funcionamento no período pós-reforma	h/ano

Embora o consumo pós-reforma tenha sido 9 MWh/ano maior, houve economia de energia porque, na sua ausência, o consumo teria sido maior 19 MWh/ano, tendo havido, portanto, economia de 10 MWh/ano. Este ajuste é particularmente importante quando se tratam de sistemas de condicionamento ambiental (em relação à temperatura ambiente e taxa de ocupação) ou consumos com forte correlação com a produção, em indústrias.

Os demais pontos apontados no anexo do Guia de M&V da Eletrobrás/Procel[108] abordam detalhes técnicos do processo de M&V e não serão aqui comentados. Vale somente a referência à necessidade de se ter (e demonstrar para os agentes) confiabilidade metrológica nas medições, o que seria possível, de forma perfeitamente adequada, com a participação do INMETRO na força-tarefa para o leilão (itens 4.4 e 4.5).

5.3 Opção B: eficientização de sistema de bombeamento

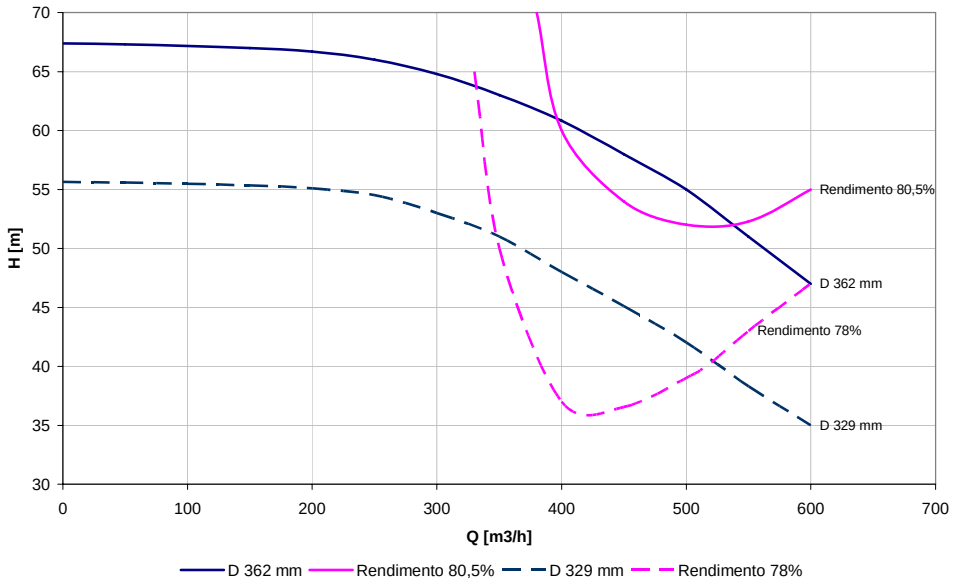
Toma-se o mesmo exemplo da opção A, porém supondo que haverá uma reforma geral na fábrica, incluindo alterações no processo, tornando difícil a hipótese de vazão constante. Além disso, o sistema de bombeamento será também otimizado, com a troca da tubulação para um diâmetro superior. A bomba foi considerada adequada. O exemplo do IPMVP (2003, p. 58-59) para a opção B refere-se à substituição de uma caldeira em uma instalação que tam-

[108] Pontos de medição, especificações e procedimentos; procedimentos de controle de qualidade; custos esperados; formato e freqüência dos relatórios (ELETROBRÁS/PROCELINFO, anexo).

bém sofreria considerável reforma, sendo difícil prever-se o futuro consumo de vapor. Optou-se lá por considerar as condições do ano-base como as de referência para apuração do consumo, já que eram conhecidas, ao contrário do período pós-reforma. Esta não parece ser uma boa opção para o leilão, já que o objetivo principal é remunerar uma redução real do consumo. Neste caso, um estudo mais profundo de engenharia do processo industrial deve ser feito para estimar-se o perfil da vazão no período pós-reforma. O risco de não se atingir a estimativa será assumido pela ESCO (ou ESCO em conjunto com o dono da instalação) que, de algum modo, procurará uma proteção, aumentado o preço do MWh economizado. No entanto, este aumento será limitado pela concorrência no leilão, o que, se de um lado mostra a eficácia do leilão em conseguir um preço justo para a energia economizada, de outro aponta para a insuficiência do leilão como mecanismo único de promoção de eficiência energética.

5.3.1 Descrição da reforma, seu propósito e impacto sobre os usuários

Pretende-se substituir a tubulação hidráulica por outra de maior diâmetro, com o conseqüente ajuste do rotor da bomba às novas condições, assim como o motor elétrico. A substituição da tubulação deverá produzir uma redução da altura dinâmica diminuindo a potência requerida à bomba. Esta redução só pode ser aproveitada com modificações na bomba, como a usinagem do rotor para diâmetro adequado (embora se fuja do ponto ótimo), como mostra a Figura 53.

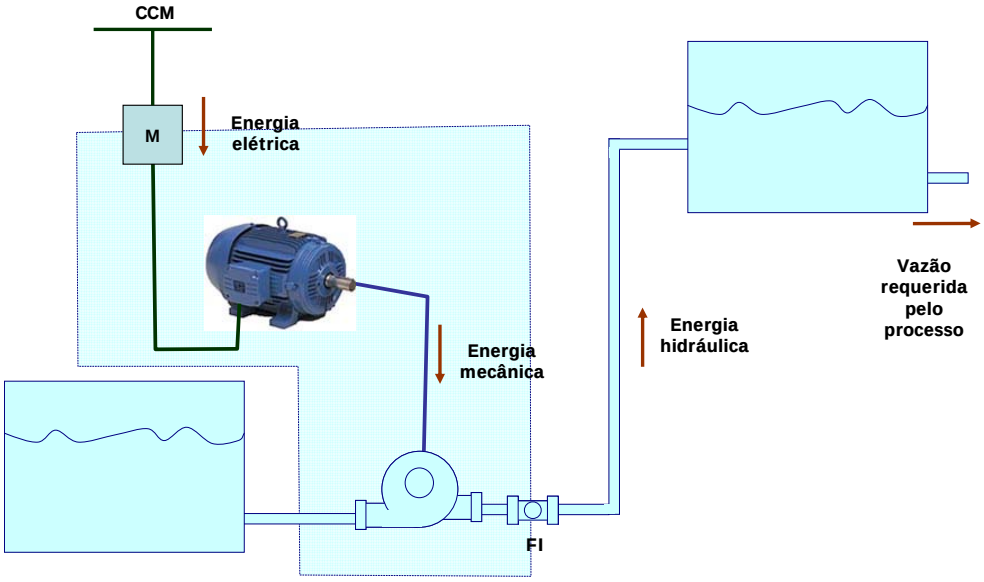


Fonte: Elaboração própria, baseado em KSB (2007).
Figura 53 – Curvas da bomba com novo rotor

O motor também será substituído por outro menor, adequado à nova carga e de alto rendimento, já que o existente está próximo ao final de sua vida útil. Optou-se por não substituir a bomba, que tem boa vida residual, deixando em aberto a possibilidade de, após estabilizada a operação da fábrica e conhecido o perfil de vazão do liquido (estimado em um ano após a reforma), instalar-se um AVA (acionador de velocidade ajustável).

5.3.2 Fronteira de medição e efeitos interativos com o exterior da fronteira

Para monitorar a variação da vazão resolveu-se instalar, na reforma da tubulação, um indicador de vazão (FI) na descarga da bomba. Assim, a fronteira de medição foi alargada em relação à opção A, como mostra a Figura 54. A altura dinâmica do sistema hidráulico será estimada pela leitura da vazão, densidade do líquido e cálculo de perdas na tubulação. Estas variáveis, portanto, podem influenciar no consumo de energia e devem ser monitoradas.



Fonte: Elaboração própria

Figura 54 - Fronteira de M&V – opção B

A potência requerida à bomba é dada pela Equação 10.

$$P_h = \gamma \cdot Q \cdot H$$
$$H = h_{est} + h_p$$
..... Equação 10

P_h	Potência hidráulica	W
γ	Peso específico do líquido	N/m^3
Q	Vazão do líquido	m^3/s
H	Altura dinâmica do sistema	m
h_{est}	Altura estática do sistema	m
h_p	Altura correspondente às perdas na tubulação	m

Vê-se o que pode influenciar a potência requerida à bomba, além da vazão: a densidade do líquido e as perdas na tubulação (podem aumentar devido ao aumento da rugosidade, por corrosão). A bomba, por sua vez, requer potência ao motor segundo a Equação 11.

$$P_b = \frac{P_h}{\eta_b}$$
..... Equação 11

P_b	Potência da bomba	W
η_b	Rendimento da bomba	1

O rendimento da bomba é afetado pelo ponto de operação (H e Q), segundo curvas características (uma amostra é exibida na Figura 49). Ele também pode ser alterado pelo desgas-

te da bomba, o que é de difícil monitoração no campo. Pode-se apenas fazer uma inspeção na bomba (sinais de desgaste, ruídos estranhos) e ter-se um plano de manutenção adequado (por exemplo, manutenção preditiva através do acompanhamento da vibração no eixo).

5.3.3 Opção de Medição e Verificação

As variáveis que interferem no consumo devem ser medidas: a vazão, a potência do motor e o tempo de operação, o que caracteriza uma opção B de M&V (IPMVP, 2003, p. 26). É verdade que há variáveis – rendimento da bomba, perdas na tubulação, densidade do líquido e rendimento do motor – que serão estimadas[109], mas a sua influência é menor no consumo de energia.

5.3.4 Variáveis independentes e fatores estáticos

A variável independente é a vazão e os fatores estáticos as curvas da bomba e do motor (rendimento), a altura dinâmica do sistema hidráulico e a densidade do líquido – a vazão será medida continuamente, os rendimentos, densidade e altura dinâmica apenas monitorados por aspectos externos (conservação da bomba e motor, observação do líquido, estado da tubulação), devido à dificuldade de acompanhamentos mais precisos (ou seja, o custo para medição não é compensado pela redução de incerteza).

5.3.5 Plano de monitoração dos fatores estáticos

Deve-se apenas monitorar o estado da bomba, da tubulação, do líquido e do motor e atentar para planos de manutenção adequados.

5.3.6 Linha de base

O ideal é que se pudesse variar a vazão no período anterior à reforma para se estabelecer uma relação entre vazão e consumo de energia elétrica, que permitisse um melhor cálculo da economia, no caso de haver variação da vazão no período pós-reforma. Estas variações poderiam ser feitas com redução e aumento da vazão por curtos períodos que não prejudicassem a constância da vazão para o processo, uma vez instalado o medidor. O nível do tanque superior deve ser monitorado, pois altera a altura estática do sistema hidráulico. Em termos teóricos, os dados deveriam ser os da Tabela 43.

Tabela 43 – Relação entre a vazão e a potência do motor

Q	h_{est}	h_p	H	H_b	γ	P_h	η_b	P_b	η_m	P_m
m^3/h	m	m	m	m	N/m^3	kW	1	kW	1	kW
250	27,5	5	32,5	66	9810	45,0	0,68	66,1	0,922	71,7
300	27	7,2	34,2	65	9810	53,1	0,76	69,9	0,926	75,5
350	26,5	9,8	36,3	63	9810	60,1	0,79	76,1	0,931	81,7
400	26	12,8	38,8	60	9810	65,4	0,805	81,2	0,933	87,0

[109] A versão de 2007 do IPMVP (EVO, 2007, p. vii) substituiu o termo "estipulação" por "estimativa" (*stipulation x estimation*), visando tornar mais claras as definições para as variáveis da opção A.

Q m^3/h	h_{est} m	h_p m	H m	H_b m	γ N/m^3	P_h kW	η_b 1	P_b kW	η_m 1	P_m kW
450	25,5	16,2	41,7	58	9810	71,1	0,81	87,8	0,936	93,8
500	25	20	45	55	9810	74,9	0,81	92,5	0,937	98,7
550	24,5	24,2	48,7	52	9810	77,9	0,8	97,4	0,938	103,8
600	24	28,8	52,8	47	9810	76,8	0,78	98,5	0,939	105,0

Fonte: Elaboração própria.

Um breve comentário sobre as variáveis, premissas e métodos de cálculo:

Q (m^3/h)	Vazão do sistema. À vazão de 600 m^3/h, a bomba já não consegue vencer a altura requerida. Com a troca da tubulação e diminuição das perdas, é possível que essa vazão limite aumente, porém sem parâmetros para comparação com a situação de antes da reforma.
h_{est} (m)	Altura estática do sistema. As medições com menores vazões devem ser feitas com o tanque superior mais cheio, para manter a vazão constante para o processo. Na verdade, isto não altera a potência requerida para a bomba, pois prevalece a sua curva característica.
h_p (m)	Altura equivalente de perdas, que varia com o quadrado da vazão. A base estabelecida é à vazão de 500 m^3/h que acontece no ponto de rendimento máximo da bomba.
H (m)	Altura dinâmica do sistema, equivalente à soma das duas alturas anteriores.
H_b (m)	Elevação da pressão obtida pelo funcionamento da bomba, cujo valor foi obtido da curva característica da bomba (Figura 49).
γ (N/m^3)	Peso específico do líquido.
P_h (kW)	Potência hidráulica requerida pelo sistema (Equação 10).
η_b (1)	Rendimento da bomba, obtido das curvas características (Figura 49).
P_b (kW)	Potência requerida pela bomba (Equação 11).
η_m (1)	Rendimento do motor, calculado através dos dados do fabricante (Figura 50).
P_m (kW)	Potência demanda pelo motor, resultado da divisão das duas variáveis anteriores.

Medições devem ser feitas, com dados simultâneos obtidos pelo analisador de grandezas elétricas e medidor de vazão, procurando-se observar as variações em relação ao modelo acima e estabelecer limites aceitáveis de variação, como feito no item 5.2 para a opção A.

5.3.7 Análise econômica e oferta ao leilão

Análises de engenharia de processo estimaram o perfil de vazão para o período pós-reforma, quando melhoras nos equipamentos e rotinas de operação possibilitarão a redução da vazão em alguns momentos, conforme apresentado na Tabela 44.

Tabela 44 – Perfil esperado de vazão

Vazão m^3/h	Tempo h/ano
250 a 350	2000
350 a 450	3000
450 a 550	2500
Todas	7500

Fonte: Elaboração própria.

A troca da tubulação para outra de maior diâmetro permitiu uma diminuição das perdas e da altura equivalente do sistema. Como a bomba ainda tinha uma vida residual significativa, optou-se por apenas usinar o rotor de 362 para 329 mm, adequando-o à nova situação e permi-

tindo economizar energia com a troca da tubulação. Uma tabela semelhante à Tabela 43 foi calculada para as novas condições, cujo resultado é apresentado na Tabela 45.

Tabela 45 – Vazões e potências para as condições pós-reforma – opção B

Q	h_{est}	h_p	H	H_b	γ	P_h	η_b	P_b	η_m	P_m
m^3/h	m	m	m	m	N/m^3	kW	1	kW	1	kW
250	27,5	2,3	29,8	54	9810	36,8	0,73	50,4	0,939	53,7
300	27	3,3	30,3	52	9810	42,5	0,77	55,2	0,940	58,7
350	26,5	4,5	31,0	51	9810	48,6	0,78	62,4	0,941	66,3
400	26	5,9	31,9	48	9810	52,3	0,79	66,2	0,941	70,4
450	25,5	7,5	33,0	45	9810	55,2	0,79	69,8	0,941	74,2
500	25	9,3	34,3	42	9810	57,2	0,79	72,4	0,941	77,0
550	24,5	11,2	35,7	38	9810	57,0	0,77	74,0	0,941	78,6
600	24	13,3	37,3	35	9810	57,2	0,76	75,3	0,941	80,0

Fonte: Elaboração própria.

A mesma limitação de vazão até 550 m^3/h acontece aqui. Com a redução da potência requerida, o motor pôde ser reduzido para 100 cv, que apresentou os melhores resultados. Este motor deverá desenvolver a potência nominal em 450 m^3/h e uma ligeira sobrecarga para vazões maiores, o que é possível já que motores de alto rendimento possuem fator de serviço de 1,15. Espera-se que as melhorias do processo tragam reduções da vazão requerida.

A Tabela 46 compara as potências e energias estimadas para as situações de antes e depois da reforma, que deverão ocorrer após a modificação do sistema.

Tabela 46 – Estimativa da energia reduzida – opção B

Vazão	Tempo	Situação atual		Situação pós-reforma		Economia estimada	
m^3/h	h/ano	kW	MWh/ano	kW	MWh/ano	kW	MWh/ano
250 a 350	2000	75,5	151,0	58,7	117,5	16,8	33,5
350 a 450	3000	87,0	261,1	66,3	198,9	20,7	62,2
450 a 550	2500	98,7	246,7	70,4	176,0	28,3	70,8
Valor global	7500		658,9		492,4		166,5

Fonte: Elaboração própria.

Os custos envolveram a troca pelo novo motor de 100 cv de alto rendimento, com custo até menor custo que a reposição de um motor padrão de 150 cv, porém foi necessária também a troca da tubulação, a usinagem do rotor e a instalação do medidor de vazão, representando um custo total em equipamentos de R$31.150,00, e os custos de projeto relacionados na Tabela 47 (as percentagens apresentadas estão relacionadas ao custo dos equipamentos).

Tabela 47– Formação do investimento (sem o leilão) – opção B

	% equip.	R$	R$/MWh
Equipamentos	100%	31.150,00	24,81
Serviços	80%	24.920,00	19,85
ESCO	50%	15.575,00	12,41
Administrativo	20%	6.230,00	4,96
Total		77.875,00	62,03

Fonte: Elaboração própria.

A análise econômica, feita com base nas estimativas das Tabela 46 e Tabela 47, apresentou os resultados da Tabela 48.

Tabela 48 – Análise econômica da opção B (sem o leilão)

Energia reduzida	MWh	166,50
Tarifa paga	R$/MWh	126,10
Custo evitado	R$/ano	20.996,03
Investimento	R$	77.875,00
Retorno	anos	3,7
RCB	1	0,49
Vida útil	anos	20
TD	%	12%

Fonte: Elaboração própria.

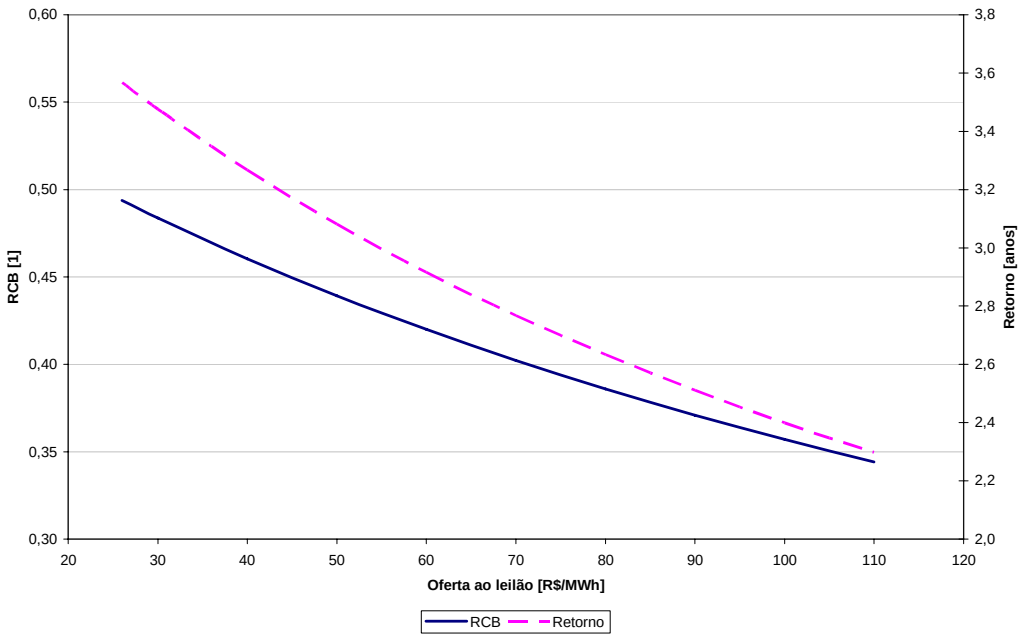
O investimento é mais atrativo que o da opção A, porém pode ser ainda melhorado com a oferta ao leilão. Considerações semelhantes podem ser feitas sobre os limites mínimo e máximo da oferta, investimentos associados (item 5.2.7) e seu balizamento. Os custos com o leilão, maiores que os da Tabela 47 (sem o leilão), foram estimados como na Tabela 49.

Tabela 49 – Custos estimados com a oferta ao leilão – opção B

	% equip.	R$	R$/MWh
Equipamentos	100%	31.150,00	24,81
Serviços	80%	24.920,00	19,85
ESCO	80%	24.920,00	19,85
Administrativo	30%	9.345,00	7,44
Total		90.335,00	71,95

Fonte: Elaboração própria.

Mantendo-se os mesmos critérios da opção A, as ofertas podem variar entre 26 e 110 R$/MWh, resultando em valores de RCB e retorno simples como apresentado na Figura 55.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 55 - Variação da atratividade do investimento com a oferta – opção B

Como na opção A (item 5.2.7), o contrato foi fixado em 10 anos. Como se vê, a oferta ao leilão melhorou sempre a rentabilidade do investimento.

5.3.8 Período pós-reforma

As medições serão feitas por período suficiente (1 ou mais meses[110]), com o analisador de energia e medidor de vazão, para se definir o perfil de vazão requerido pelo processo. Deve-se buscar correlacionar a vazão com características do processo (produto, matéria-prima, escala de produção) que a possam influenciar e cuja medição possa servir de estimativa para estimar o perfil de vazão. Medições pontuais a cada 6 meses devem confirmar as estimativas iniciais (caso não confirmem, novo processo deve ser iniciado). A garantia de economia de energia para o sistema, requerida pelo processo do leilão, está garantida pela economia calculada para cada degrau de vazão apresentado na Tabela 44. O risco de não se atingir a economia calculada, por modificação no padrão da vazão, será assumido pela ESCO, provavelmente em conjunto com o dono da instalação – isto irá se refletir na oferta ao leilão, como comentado no item 5.3.

Um resumo do acompanhamento das variáveis é apresentado na Tabela 50.

Tabela 50 – Variáveis opção B

Variáveis medidas	Período	Medição		
		Forma	Tempo	Equipamento
Potência do motor	Base	Potência trifásica	1 semana	Analisador grandezas elétricas

[110] Se, em período mais curto, se observar regularidade na medição (desvio-padrão abaixo de determinado valor), o processo pode ser interrompido (HAHN, 2007, comunicação pessoal).

		Medição		
	Relatado	Potência trifásica	1 semana após reforma	Analisador grandezas elétricas
		Potência monofásica	1 minuto, a cada 6 meses	Wattímetro alicate
Tempo de operação	Base	Período motor ligado	1 semana	Analisador grandezas elétricas
	Relatado	Período motor ligado	Constantemente	Horímetro
Vazão do sistema	Base	Valor lido	1 semana	Medidor vazão
	Relatado	Valor lido	1 semana após reforma	Medidor vazão

Fatores estáticos	**Período**	**Estimativa**	
		Acompanhamento	**Evidência**
Desempenho da bomba	Base	Dados de placa, estado geral	Documentar com foto
	Relatado	Dados de placa, estado geral	Conferir e documentar com foto
Desempenho da tubulação	Base	Estado da tubulação	Documentar com foto
	Relatado	Estado da tubulação	Conferir e documentar com foto
Densidade do líquido	Base	Cor e turbidez	Conferir e documentar com foto
	Relatado	Cor e turbidez	Conferir e documentar com foto
Desempenho do motor	Base	Dados de placa, estado geral	Documentar com foto
	Relatado	Dados de placa, estado geral, leitura da potência	Conferir e documentar com foto

Fonte: Elaboração própria.

5.4 Opção C: eficientização de sistema de condicionamento ambiental

Esta opção C foi concebida para contemplar reformas gerais em prédios, cujo impacto no consumo energético é grande e provocado por diversas medidas, podendo ser avaliado diretamente pela comparação das contas de energia. As medidas devem ter efeitos interativos significativos[111] e algumas com impacto de difícil avaliação (por exemplo, troca de janelas para melhorar o condicionamento ambiental, influindo também na iluminação), o que as tornam de difícil avaliação em separado (se a avaliação individual é necessária, deve-se utilizar a opção D, com um modelo matemático para separar os efeitos interativos – EVO, 2007, p. 37).

Esta opção tem o mérito de poder explorar um potencial maior, representado pelas medidas de difícil mensuração individual, sendo portanto interessante do ponto de vista do sistema elétrico[112]. Segundo a Eletrobrás/ProcelInfo (2005, p. 15) "dificilmente poderá ser aplicada em M&V no setor industrial". Poder-se-ia pensar, talvez, em uma medição de um setor, como refrigeração em fábrica de alimentos, onde várias medidas (controle dos compressores, vedação de câmaras frigoríficas, trânsito de pessoas, iluminação) fossem aplicadas simultane-

[111] O IPMVP (2007, p. 37) considera que as economias devem montar a, no mínimo, 10% do consumo de energia, para que sejam distinguíveis das variações aleatórias normais.

[112] Ver item 3.1.8.3 sobre a sugestão de maior peso para medidas abrangentes no sistema de pontos, no caso dos EUA, apresentada por Goldman e Kito (1995, p. 24).

amente[113]. A dificuldade, na opção C de M&V, é conseguir-se um bom modelo do consumo, estabelecendo-se as variáveis independentes adequadas, que possibilite a avaliação apropriada da economia. Neste caso, o processo de padronização/simplificação de M&V, proposto pela IEA (item 3.2.2) e sugerido para o modelo de leilão aqui proposto (itens 4.4.3, 4.5 e 5), é de difícil implantação pela especificidade de cada caso. Pretende-se mostrar, no entanto, como considerações simplificadoras podem facilitar o projeto de M&V.

5.4.1 Descrição da reforma, seu propósito e impacto sobre os usuários

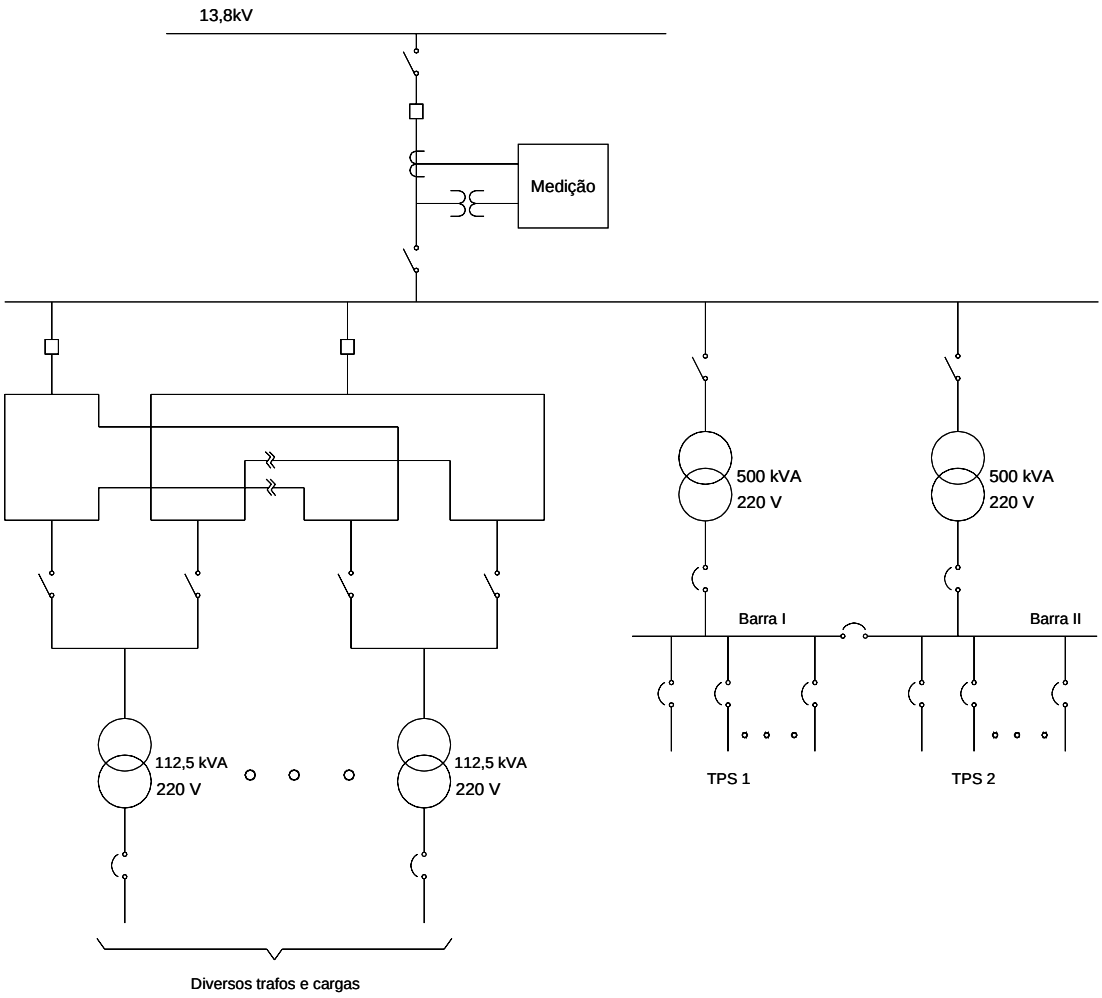
Consideramos aqui, na falta de melhores dados, a situação de um pequeno aeroporto, onde o condicionamento ambiental de várias salas do terminal de passageiros (TPS) é feito por aparelhos de janela. Várias medidas foram estudadas: troca de algumas unidades próximas ao fim da vida útil, troca em alguns ambientes por unidades tipo *split*, vedação dos caixilhos, instalação de *brises* na fachada, implantação de programa de manutenção periódica. Espera-se, portanto, diminuir o consumo de energia do TPS com manutenção ou até melhoria das condições ambientais atuais.

5.4.2 Fronteira de medição e efeitos interativos com o exterior da fronteira

O aeroporto é constituído, além do terminal de passageiros, de pequenos hangares, espalhados pelo sitio, onde se faz manutenção nas pequenas aeronaves. A medição da concessionária é centralizada, porém o TPS (dividido em prédios 1 e 2) é alimentado por transformadores separados, em conjunto com alguns prédios pequenos, como mostra a Figura 56.

---

[113] Uma medição instalada em um secundário de transformador ou painel que alimentasse todo o prédio de refrigeração, que naturalmente incluiria outras cargas – escritórios, iluminação, outras máquinas de processamento, poderia ser classificada como da "instalação completa".

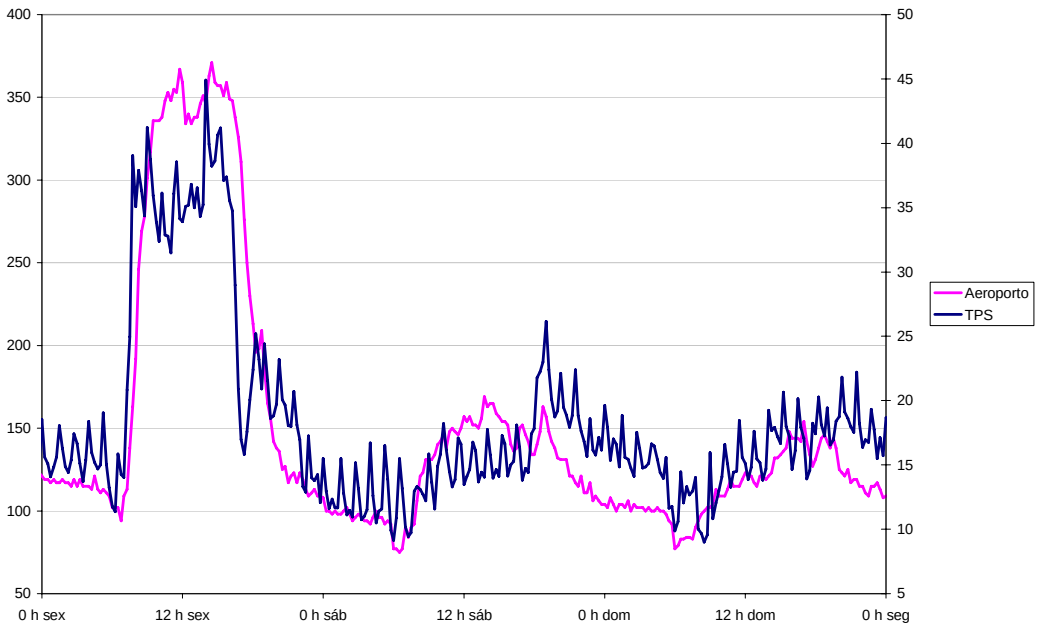


Fonte: Elaboração própria.

Figura 56 – Unifilar do aeroporto

Estavam disponíveis os dados de consumo da concessionária de 36 meses. No entanto, o consumo do TPS é de cerca de 24 MWh/mês[114] enquanto o do aeroporto é de 96,5 MWh/mês. A sobreposição, porém, do consumo do TPS, medida por analisador de energia em um dos transformadores, com os dados de memória de massa do aeroporto mostraram forte correlação (fator de correlação 0,91), como mostra a Figura 57.

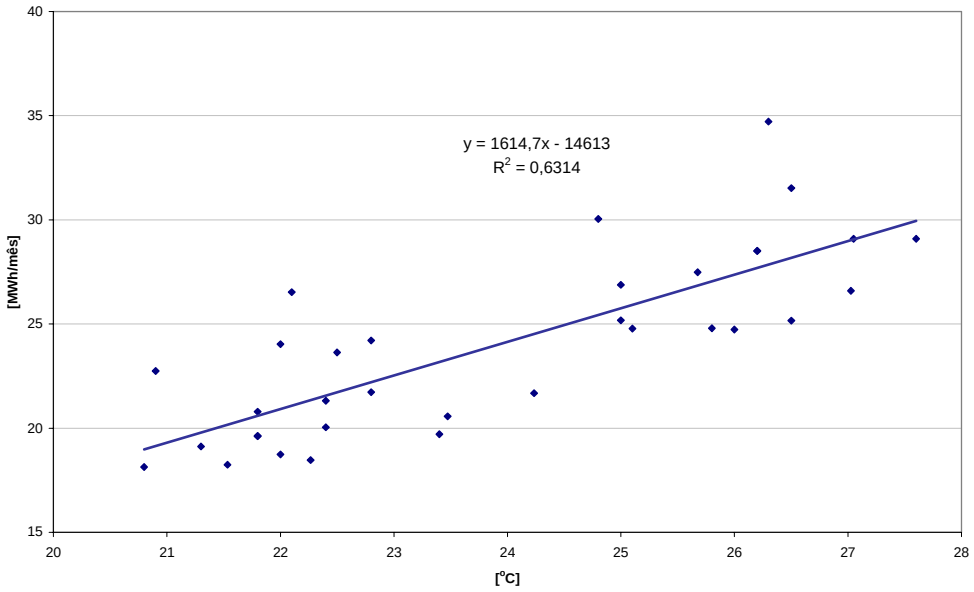
[114] Obtido a partir do levantamento das cargas de iluminação e ar condicionado e por estimativa das horas de funcionamento.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 57 – Correlação entre consumo do aeroporto e do TPS

Considerou-se, portanto, o consumo do TPS como de 25% do do aeroporto (96,5÷24) e correlacionou-se este consumo com a temperatura média da cidade, como mostrado na Figura 58.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 58 – Consumo estimado do TPS x temperatura ambiente

Embora a correlação não seja boa[115], devido às hipóteses assumidas, resolveu-se[116] aceitar este modelo como significativo para a linha de base e instalar dois medidores nos transformadores de 500 kVA para medir as condições pós-reforma. Embora haja custo nesta instalação, ela é mais barata que monitorar as instalações e os consumos em todos os hangares. Serão utilizados os dados de temperatura do próprio aeroporto no período pós-reforma. Previu-se que, uma vez acertada a reforma, os medidores seriam instalados e leituras seriam feitas por uma semana antes da reforma propriamente dita para corrigir os dados de base.

Procurou-se também obter uma correlação dos dados de consumo de energia elétrica com o movimento do aeroporto (pessoas – PAX e aeronaves – ANV), porém, talvez às características de aeroporto de pequeno porte, a correlação não foi melhor do que a somente com a temperatura. Estas grandezas foram consideradas apenas como fatores estáticos a monitorar, assim como as demais instalações do aeroporto e seu uso, principalmente a iluminação.

5.4.3 Opção de Medição e Verificação

Escolheu-se a opção da instalação completa[117], tipo C, com a economia calculada a partir da leitura dos medidores instalados nos transformadores de 500 kVA. A economia prevista é de cerca de 10% do consumo do TPS. A partir da leitura dos medidores, a economia será apurada pela correção do consumo base pela temperatura ambiente, a partir do modelo definido na Figura 58:

$$B_c = 1615 \cdot t_{amb} - 14613,5$$ ..... Equação 12

B_b	Consumo do período base corrigido	MWh
t_{amb}	Temperatura ambiente média do mês	°C

Por exemplo, em determinado mês, registrou-se 21,5 MWh de consumo e temperatura média de 25 °C. A economia, pela Equação 8, será calculada como na Tabela 51.

Tabela 51 – Cálculo da economia – opção C

Consumo atual	21,5	MWh
Temperatura	25	°C
Consumo base	24	MWh
Consumo base corrigido	25,8	MWh
Ajuste	1,8	MWh
Economia	4,3	MWh

Fonte: Elaboração própria.

[115] R^2 = 0,63. Porém, como afirma a Eletrobrás/Procel Info (2007, p. 27), "é importante frisar que o IPMVP não sugere nenhum valor para o coeficiente de correlação, sendo que este deve ser definido em comum acordo com o cliente". No caso em estudo, busca-se uma simplificação do projeto de M&V.

[116] Neste exemplo, os dados são reais, porém as condições de pós-reforma não o são.

[117] "*Whole facility*", no original do IPMVP, versão de 2007 (IPMVP, 2007, p. 29).

5.4.4 Variáveis independentes e fatores estáticos

A variável independente principal é a temperatura ambiente. A ocupação não trouxe uma melhor explicação para a variação do consumo e, portanto, será considerada como fator estático. Os demais fatores estáticos são o restante da instalação, principalmente a iluminação e os hábitos de uso.

5.4.5 Plano de monitoração dos fatores estáticos

Prevê-se uma verificação destes fatores a cada trimestre ou quando for observada variação importante dos dados previstos (> 10%).

5.4.6 Linha de base

Os dados utilizados para elaboração do modelo da linha de base estão na Tabela 52.

Tabela 52 – Dados para estabelecimento da linha de base

Mês	Aeroporto (kWh)	TPS (kWh)	PAX (1)	$T_{média}$ (^oC)	Projeção (kWh)	Erro
mar-98	106.944	26.589	3.199	27,0	29.024	9,2%
abr-98	110.544	27.484	3.024	25,7	26.844	-2,3%
mai-98	82.704	20.562	2.742	23,5	23.292	13,3%
jun-98	74.256	18.462	2.462	22,3	21.341	15,6%
jul-98	73.392	18.247	2.629	21,5	20.157	10,5%
ago-98	83.616	20.789	2.304	21,8	20.587	-1,0%
set-98	85.728	21.314	2.454	22,4	21.556	1,1%
out-98	79.296	19.715	2.009	23,4	23.171	17,5%
nov-98	87.168	21.672	2.237	24,2	24.516	13,1%
dez-98	99.488	24.735	2.784	26,0	27.369	10,6%
jan-99	116.976	29.083	3.014	27,6	29.953	3,0%
fev-99	117.024	29.095	2.497	27,1	29.065	-0,1%
mar-99	101.232	25.169	2.015	26,5	28.176	12,0%
abr-99	120.816	30.038	2.074	24,8	25.431	-15,3%
mai-99	80.640	20.049	2.171	22,4	21.556	7,5%
jun-99	78.864	19.607	1.872	21,8	20.587	5,0%
jul-99	76.896	19.118	1.840	21,3	19.780	3,5%
ago-99	72.960	18.139	1.804	20,8	18.973	4,6%
set-99	95.040	23.629	1.976	22,5	21.718	-8,1%
out-99	75.360	18.736	2.259	22,0	20.910	11,6%
nov-99	87.408	21.732	2.430	22,8	22.202	2,2%
dez-99	99.744	24.799	3.109	25,8	27.046	9,1%
jan-00	126.816	31.529	3.074	26,5	28.176	-10,6%
fev-00	114.624	28.498	2.721	26,2	27.692	-2,8%
mar-00	139.632	34.716	2.521	26,3	27.853	-19,8%
abr-00	99.648	24.775	3.316	25,1	25.916	4,6%
mai-00	97.344	24.202	2.462	22,8	22.202	-8,3%
jun-00	96.672	24.035	2.415	22,0	20.910	-13,0%
jul-00	91.488	22.746	2.378	20,9	19.134	-15,9%
ago-00	78.960	19.631	2.428	21,8	20.587	4,9%
set-00	106.704	26.529	2.213	22,1	21.072	-20,6%
out-00	101.280	25.180	2.161	25,0	25.754	2,3%

Mês	Aeroporto (kWh)	TPS (kWh)	PAX (1)	$T_{média}$ (°C)	Projeção (kWh)	Erro
nov-00	108.144	26.887	3.017	25,0	25.754	-4,2%
dez-00	114.672	28.510	3.289	26,2	27.692	-2,9%
Média	96.532	24.000	2.497	23,9	24.000	10,1%

Fonte: Elaboração própria.

Como se vê, o desvio médio quadrático é da ordem a economia a obter, o que torna o empreendimento de alto risco. O ideal é que se pudesse agregar outras medidas de eficiência energética, como a iluminação[118].

5.4.7 Análise econômica e oferta ao leilão

O investimento para modernização do aeroporto é alto, e não se espera que seja pago somente com a eficiência energética – ela servirá apenas para torná-lo mais atrativo. Aliás, este parece ser um bom mercado a explorar – as reformas, aproveitando o momento em que o dono da instalação está propenso a investir, a eficiência energética pode entrar como atrativo para reduzir o dispêndio, ajudando, com o exemplo prático, a conscientização para ações futuras. O investimento foi calculado como na Tabela 53.

Tabela 53 – Investimento – opção C

	% equip.	R$	R$/MWh
Equipamentos	100%	25.000,00	115,12
Serviços	80%	20.000,00	92,10
ESCO	50%	12.500,00	57,56
Administrativo	20%	5.000,00	23,02
Total		62.500,00	287,81

Fonte: Elaboração própria.

Espera-se que a energia reduzida seja da ordem de 10% do consumo médio. A análise econômica do investimento, sem oferta ao leilão, é apresentada na Tabela 54. Considerou-se que o custo de manutenção preventiva previsto seria igual ou menor que o da manutenção corretiva que ocorreria na situação base.

Tabela 54 – Análise do investimento (sem leilão) - opção C

Energia reduzida	MWh	29
Tarifa paga	R$/MWh	229,17
Custo evitado	R$/ano	6.600,08
Investimento	R$	62.500,00
Retorno	anos	9,5
RCB	1	1,67
Vida útil	anos	10
TD	%	12%

Fonte: Elaboração própria.

[118] Na verdade, havia uma boa oportunidade em eficientização da iluminação, porém optou-se por não incluir neste trabalho, onde se quis mostrar exemplos de força motriz.

A tarifa é a média do setor comercial em 2004 (ANEEL, 2004). Como observado acima, a eficiência energética não cobre o investimento, porém torna-o bem mais atrativo. A oferta ao leilão, apesar dos custos mais elevados, como mostrado na Tabela 55, pode melhorar esta atratividade, variando seu valor entre o mínimo de 50 R$/MWh (calculado para corresponder à mesma RCB, com contrato de 6 anos) e 110 R$/MWh, como sugerido para a opção A (item 5.2.7).

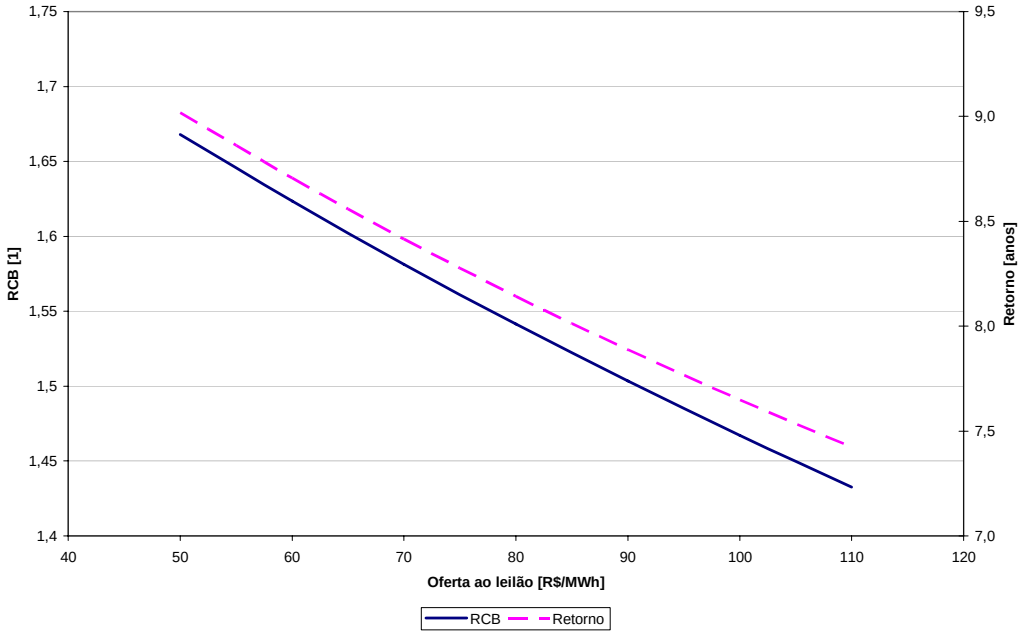
Tabela 55 – Investimento (com o leilão) – opção C

	% equip.	R$	R$/MWh
Equipamentos	100%	25.000,00	152,69
Serviços	80%	20.000,00	122,15
ESCO	80%	20.000,00	122,15
Administrativo	30%	7.500,00	45,81
Total		72.500,00	442,80

Fonte: Elaboração própria.

Valem as mesmas observações feitas para as análises econômicas das opções A e B (itens 5.2.7 e 5.3.7).

A variação da atratividade do investimento com a oferta ao leilão está mostrada na Figura 59.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 59 – Variação da atratividade do investimento com a oferta – opção C

Uma oferta adequada, portanto, pode melhor a viabilidade do investimento, como nas opções anteriores, embora, neste caso, o valor não seja inteiramente compensado pelos ganhos com a maior eficiência energética. O interessante é ressaltar que reformas (assim como novas instalações, o que será mostrado na opção D) são momentos especialmente interessantes, tanto do ponto de vista físico, pois se aproveita um momento em que se está alterando as instala-

ções (sempre perturbador), quanto do ponto de vista financeiro, pois já há uma propensão para o investimento, para adicionar mais eficiência energética.

5.4.8 Período pós-reforma

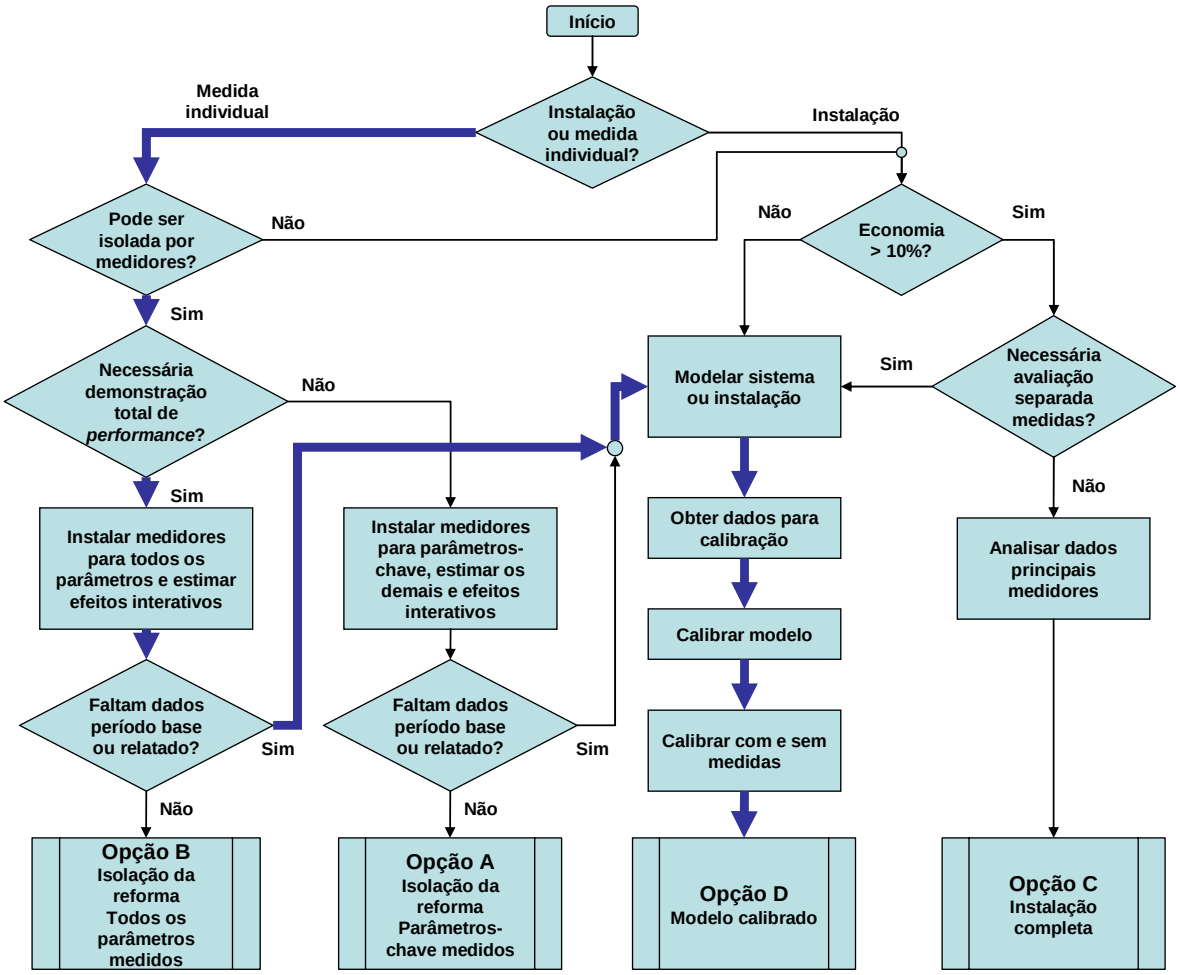
As economias serão apuradas mês a mês, de acordo com a leitura dos medidores instalados nos transformadores e a temperatura medida na estação meteorológica do aeroporto e os fatores estáticos observados trimestralmente ou a uma variação brusca dos valores esperados.

Esta análise da opção C pretendeu mostrar como pode ser simplificado um projeto de M&V quando não se deseja rigor na apuração das economias, motivado por um momento propício do dono da instalação. Por outro lado, o uso da opção C deve ser estimulado por proporcionar a implantação de múltiplas medidas de eficiência energética, explorando um potencial maior daquele obtido por medidas com mensuração definida.

5.5 Opção D: novo sistema de bombeamento

A opção D é usada quando não se dispõem de dados sobre o período base ou, quando no período relatado (pós-reforma), outros fatores impedem uma boa medição que permita avaliar adequadamente a economia. Ela tanto pode ser usada para avaliar a *performance* da instalação completa, como na opção C, como para medidas individualizadas (opções A e B); na opção C, pode também ser usada para separar os resultados individuais de medidas múltiplas. Particularmente de interesse do leilão e do planejamento energético, ela permite a mensuração de economias em instalações novas – no PNE 2030, por exemplo, a previsão de consumo de eletricidade em 2030 (EPE, 2006c, p. 54) variava de mais de duas (847 TWh no cenário C) a quase quatro (1244 TWh no cenário A) vezes o consumo do ano 2000 (321 TWh), o que significa, grosso modo, que até lá de 2 a 3 instalações do porte da atual ainda vão ser construídas.

Uma exigência básica do IPMVP é que o modelo deve ser “calibrado” (EVO, 2007, p. 34), ou seja, os resultados do modelo devem corresponder a um conjunto de medidas feitas. Os dados podem incluir características operacionais, clima, ocupação, carregamentos e rendimentos. Algumas variáveis podem ser medidas por breves períodos (dia, semana ou mês) ou obtidas de registros existentes. Neste estudo, retomamos o caso do sistema de bombeamento para simular uma instalação nova, sendo, portanto, a variação de uma opção B onde os dados do período base não estão disponíveis, como mostra a Figura 60, retomando a Figura 46 com o caminho escolhido.



Fonte: Elaboração própria, baseado em IPMVP (EVO, 2007).

Figura 60 – Escolha da opção D no exemplo considerado

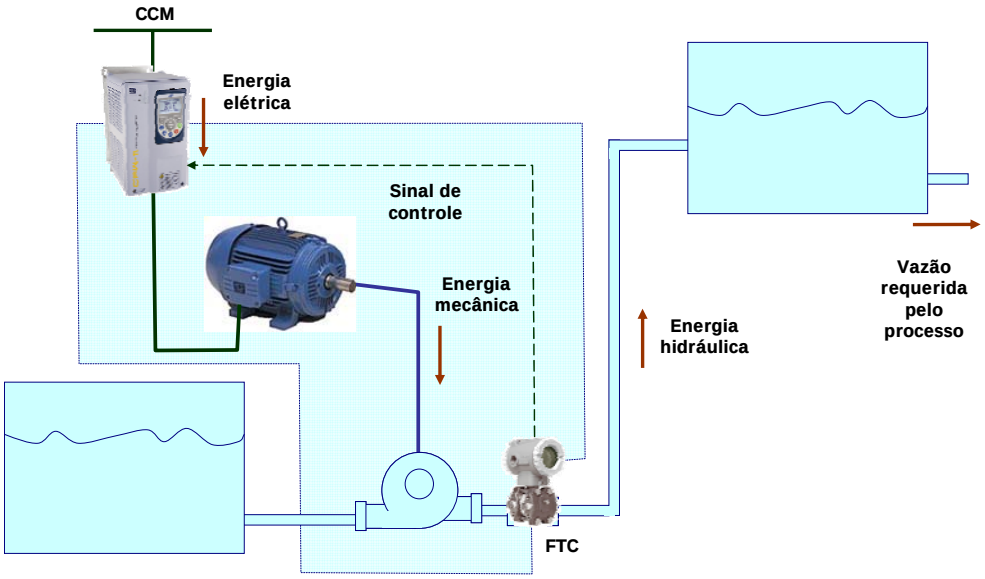
Outra possibilidade de escolha da opção D, que pode ser vista na Figura 60, seria a variação da opção A onde faltassem dados de medição, semelhante, portanto, à que se apresenta. A variação grande seriam os caminhos que chegam na caixa "Modelar sistema ou instalação" pelas caixas de decisão "Economia < 10%?" ou "Necessária avaliação separada das medidas?". Nestes casos, seria necessário modelar a atuação de cada medida em separado, seja por índices normalizados, seja por resultados obtidos em outras instalações.

5.5.1 Descrição da reforma, seu propósito e impacto sobre os usuários

Para uma situação semelhante à descrita na opção A (item 5.2.1), de bombeamento de um líquido de um tanque inferior para um superior, uma nova instalação pretende aumentar o investimento necessário para utilizar técnicas de uso eficiente da energia: tubulação de maior diâmetro, bomba eficiente, motor eficiente e acionador de velocidade ajustável (AVA). Neste caso, prevê-se uma variação de vazão durante a operação normal do sistema, como a descrita no item 5.3.1 (opção B). O propósito da ação é conseguir-se uma economia de energia ao longo do tempo que remunere o investimento a maior.

5.5.2 Fronteira de medição e efeitos interativos com o exterior da fronteira

O próprio AVA produzirá dados de medição que serão utilizados para se calcular a economia obtida. Será instalado um transmissor e controlador de vazão, que enviará um sinal de controle para o AVA. A Figura 61 mostra a situação projetada.



Fonte: Elaboração própria.
Figura 61 - Fronteira de M&V – opção D

A grande interação com o exterior da fronteira é a vazão requerida pelo processo. Nesta opção, ela afetará ainda mais decisivamente o consumo de energia, pois o AVA, recebendo o sinal de vazão, controlará a velocidade do motor, fornecendo a energia apenas necessária para vencer a altura entre os tanques (ver Figura 38, Figura 39 e Figura 40).

5.5.3 Opção de Medição e Verificação

A opção será a D – modelo calibrado, onde a calibração será feita pelos resultados obtidos em fábrica semelhante, como a apresentada nas opções A e B, com a eventual correção dos dados de altura, parâmetros da tubulação, dados da bomba e do motor. Continuam-se estimando-se os dados de perdas na tubulação, rendimento da bomba e rendimento do motor. Os fatores estáticos são, além desses, a densidade do líquido.

5.5.4 Variáveis independentes e fatores estáticos

Como na opção B, a variável independente é a vazão. Os fatores estáticos são as perdas na tubulação, as curvas da bomba e de rendimento do motor e a densidade do líquido, que devem pouco se alterar durante a operação do equipamento.

5.5.5 Plano de monitoração dos fatores estáticos

Como na opção B, deve-se apenas monitorar o estado da bomba, da tubulação, do motor e do liquido e atentar para planos de manutenção adequados.

5.5.6 Linha de base

Também como na opção B, deve-se variar a vazão na fábrica onde o modelo da linha de base será calibrado para se estabelecer uma relação entre vazão e consumo de energia elétrica. O modelo a ser calibrado é o das equações apresentadas na opção B, com os mesmos resultados apresentados na Tabela 43 (na verdade, deve-se corrigi-lo para refletir eventuais variações das instalações de uma fábrica para outra).

O IPMVP (EVO, 2006) tem um documento exclusivo para novas "construções"[119] onde não há uma prescrição de como se definir uma linha de base nestes casos, porém 3 fatores chave devem ser observados (EVO, 2006, p. 4):

- **Conveniência**: a linha de base deve ser apropriada ao contexto do projeto e aos objetivos de M&V. Normas e padrões devem ser usados. Sob certas circunstâncias, diz o IPMVP, práticas padrão ou de mercado podem ser apropriadas, se adequadamente documentadas.
- **Rigor**: a linha de base deve ser suficientemente detalhada para servir aos propósitos de M&V. Nas opções de isolação da reforma, sistemas e equipamentos devem ter sua *performance* bem definida. Para a instalação completa, modelos completos devem ser definidos.
- ***Repetibilidade***: o modelo deve poder ser repetido ou, no mínimo, ser adaptado a novas condições.

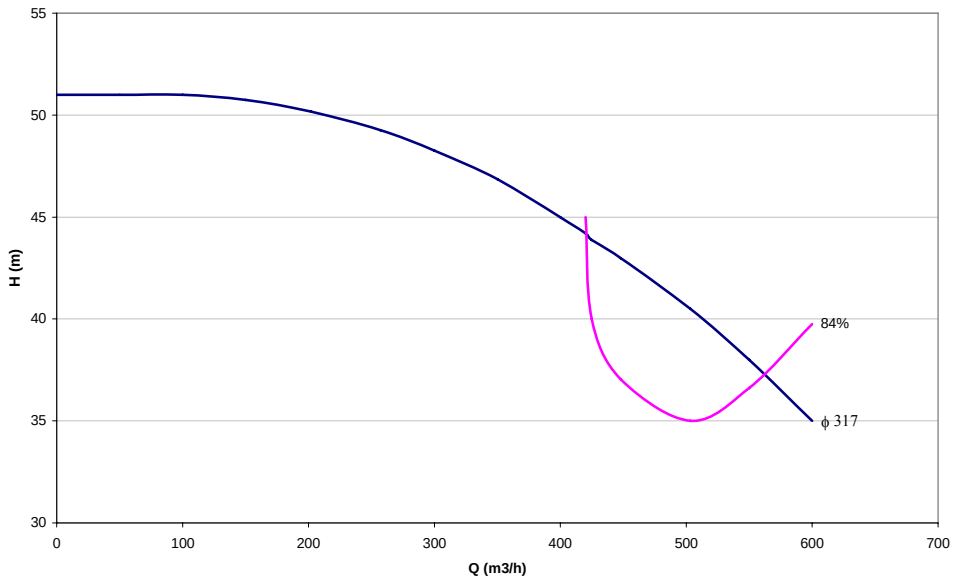
Não é, portanto, uma tarefa bem definida. No caso do leilão, a força-tarefa poderia se encarregar de definir padrões de instalação para utilização em M&V em novas instalações, o que diminuiria em muito os custos de transação.

5.5.7 Análise econômica e oferta ao leilão

O perfil de vazão considerado para estimativa dos valores envolvidos é o mesmo da Tabela 44. Nesta opção, escolheu-se uma bomba com maior rendimento para a vazão e altura consideradas, como mostra a Figura 62.

---

[119] Concepts and Practices for Determining Energy Savings in New Construction – vol. III, part I. January 2006 (EVO, 2006).



Fonte: Elaboração própria, baseado em KSB (2007).
Figura 62 – Curva da bomba mais eficiente

Como na opção B, uma tabela semelhante à Tabela 43 foi calculada para as novas condições, cujo resultado é apresentado na Tabela 56.

Tabela 56 - Vazões e potências para as condições pós-reforma – opção D

Q	h_{est}	h_p	H	H_b	γ	P_h	η_b	P_b	η_m	P_m
m^3/h	m	m	m	m	N/m^3	kW	1	kW	1	kW
250	27,5	2,3	29,8	29,8	9810	20,3	0,69	29,4	0,914	32,2
300	27	3,3	30,3	30,3	9810	24,8	0,75	33,1	0,924	35,8
350	26,5	4,5	31,0	31,0	9810	29,6	0,79	37,5	0,931	40,2
400	26	5,9	31,9	31,9	9810	34,8	0,82	42,4	0,935	45,4
450	25,5	7,5	33,0	33,0	9810	40,5	0,83	48,7	0,938	51,9
500	25	9,3	34,3	34,3	9810	46,7	0,84	55,6	0,940	59,1
550	24,5	11,2	35,7	35,7	9810	53,5	0,84	63,7	0,941	67,7
600	24	13,3	37,3	35,0	9810	57,2	0,82	69,8	0,941	74,2

Fonte: Elaboração própria.

O rendimento do motor foi calculado para o desenvolvimento da potência solicitada pela bomba pela curva de rendimento a 60 Hz (semelhante à Figura 50) – usou-se também um motor de alto rendimento de 100 cv que, neste caso, atende com folga à potência requerida pela bomba. No entanto, o motor funcionará, em grande parte do tempo, a um freqüência menor que 60 Hz, determinada pelo AVA e sistema de controle. Este acionamento reduz as perdas no ferro, pela menor freqüência, porém há perdas pela presença de harmônicos[120] gerados pelo AVA. Os rendimentos a menores freqüências não são tabelados – existem apenas alguns

[120] O AVA gera uma tensão alternada pela comutação de dispositivos de eletrônica de potência (em geral, na técnica atual, IGBTs) chaveando uma tensão contínua. A tensão é, assim, diferente da onda senoidal para a qual se projeta um motor. Usa-se fazer a decomposição desta tensão em uma série de Fourier, com componentes senoidais múltiplos da freqüência fundamental (120, 180, 240... Hz), denominados de harmônicos. Estes componentes geram uma série de efeitos indesejáveis ao motor e ao sistema elétrico.

estudos dando algumas indicações de como eles se comportam (WEG, 2006) – os valores devem, portanto, ser confirmados por medição ou outro expediente.

O investimento a maior, pela opção mais eficiente, é a aquisição de motor de alto rendimento (que, como é de 100 cv, contra 175 cv da opção base, é mais barato), tubulação de maior diâmetro, bomba mais eficiente, AVA, transmissor-controlador de vazão e sistema de controle, estimado como na Tabela 57.

Tabela 57 – Investimento em equipamentos – opção D

Equipamento	Investimento (R$)
Tubulação maior diâmetro	8.300,00
Nova bomba	3.750,00
Malha controle	9.400,00
AVA	28.700,00
Motor alto rendimento	- 751,18
Total	49.398,82

Fonte: Elaboração própria.

Compondo os outros custos necessários à realização do projeto, tem-se o custo total apresentado na Tabela 58, onde se mostram também os custos para viabilizar a disputa no leilão.

Tabela 58 – Composição do investimento – opção D

	Sem leilão			Com leilão		
	% equip.	R$	R$/MWh	% equip.	R$	R$/MWh
Equipamentos	100%	49.398,82	18,55	100%	49.398,82	18,55
Serviços	80%	39.519,06	14,84	80%	39.519,06	14,84
ESCO	50%	24.699,41	9,28	80%	39.519,06	14,84
Administrativo	20%	9.879,76	3,71	30%	14.819,65	5,57
		123.497,05	46,38		143.256,58	53,80

Fonte: Elaboração própria.

O perfil de vazão da Tabela 44 aplicado à economia auferida da linha de base calculada na Tabela 43 e do período pós-reforma da Tabela 56 produz os resultados apresentados na Tabela 59.

Tabela 59 – Estimativa da energia reduzida – opção D

Vazão	Tempo	Situação atual		Situação pós-reforma		Economia estimada	
m^3/h	h/ano	kW	MWh/ano	kW	MWh/ano	kW	MWh/ano
250 a 350	2000	75,5	151,0	35,8	71,6	39,7	79,4
350 a 450	3000	87,0	261,1	40,2	120,7	46,8	140,3
450 a 550	2500	98,7	246,7	45,4	113,4	53,3	133,3
Valor global	7500		658,9		305,7		353,1

Fonte: Elaboração própria.

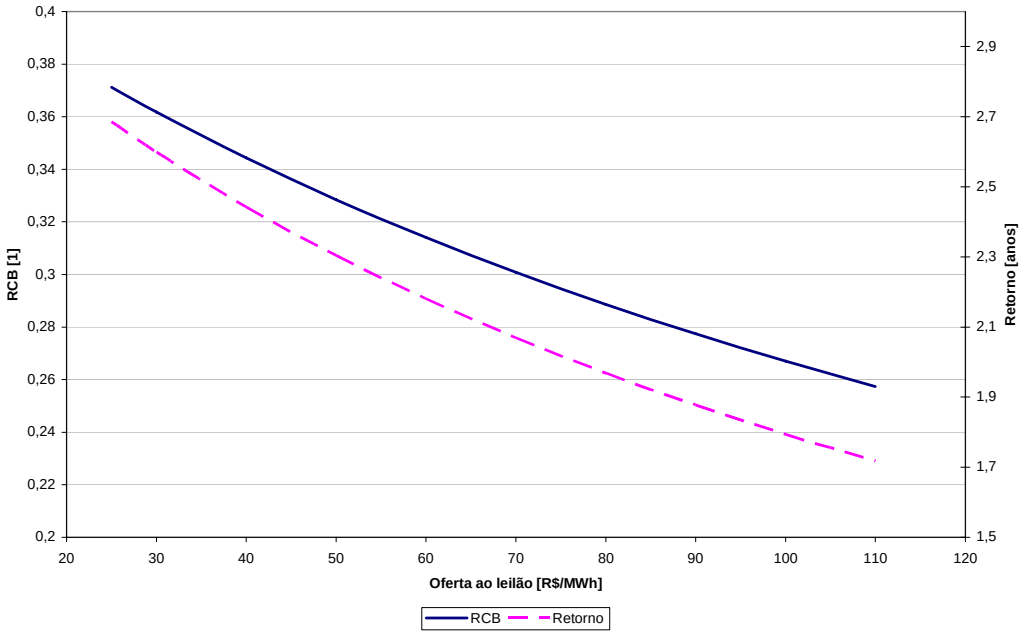
A economia é praticamente igual ao dobro da obtida na opção B e reduz mais da metade da energia usada na linha de base. A análise do investimento (sem leilão) está mostrada na Tabela 60[121].

Tabela 60 – Análise econômica do investimento (sem leilão) – opção D

Energia reduzida	MWh	353,12
Tarifa paga	R$/MWh	126,10
Custo evitado	R$	44.528,38
Investimento	R$	123.497,05
Retorno	anos	2,8
RCB	1	0,37
Vida útil	anos	20
TD	%	12%

Fonte: Elaboração própria.

O investimento é, portanto, já bastante atrativo, porém a oferta ao leilão pode ainda melhorar este quadro, como mostra a Figura 63, onde é mostrada a sua rentabilidade em relação à possível oferta, que, neste caso, pode variar do valor mínimo de 25 R$/MWh (igualando a RCB do projeto sem leilão) até 110 R$/MWh (ver item 5.2.7).



Fonte: Elaboração própria.

Figura 63 - Variação da atratividade do investimento com a oferta – opção D

Novamente, a oferta ao leilão aumenta a rentabilidade do empreendimento e pode, portanto, ser um boa opção para explorar o potencial de conservação de energia em novas instalações, onde condições mais favoráveis para implantação de projetos de eficiência energética estão disponíveis.

[121] Considerar as mesmas observações feitas nas análises econômicas das opções A, B e C.

5.5.8 Período pós-reforma

Os recursos disponibilizados pelo AVA, equipamento microprocessado, podem manter um registro da energia gasta e de seu perfil. Assim, cálculos mais precisos podem ser feitos da economia conseguida. O acompanhamento dos fatores estáticos, como perdas na tubulação e rendimento da bomba, podem ser feitos por inspeção visual, já que sua determinação mais precisa não reduz a incerteza na medição da economia. A economia em relação à produção pode ser confirmada pela Tabela 59 em cada faixa de potência.

Um resumo do acompanhamento das variáveis está apresentado na Tabela 61.

Tabela 61 – Variáveis opção D

Variáveis medidas	**Período**	**Medição**		
		Forma	**Tempo**	**Equipamento**
Potência do motor	Relatado	Potência trifásica	Constantemente	AVA
Tempo de operação	Relatado	Período motor ligado	Constantemente	AVA
Vazão do sistema	Relatado	Valor registrado	Constantemente	AVA

Fatores estáticos	**Período**	**Estimativa**	
		Acompanhamento	**Evidência**
Desempenho da bomba	Relatado	Dados de placa, estado geral	Conferir e documentar com foto
Desempenho da tubulação	Relatado	Estado da tubulação	Conferir e documentar com foto
Densidade do líquido	Relatado	Cor e turbidez	Conferir e documentar com foto
Desempenho do motor	Relatado	Dados de placa, estado geral, acompanhamento da potência	Conferir e documentar com foto

Fonte: Elaboração própria.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

Esta tese pretendeu discutir as diversas questões acerca da implantação de um leilão de eficiência energética no Brasil e apresentar um modelo para a sua efetivação. A principal conclusão é que a implantação do leilão é uma ação adequada para o atual estado da eficiência energética e do modelo do setor elétrico, porém com impacto limitado e bem determinado.

a. O leilão aumentará a exploração do potencial de eficiência energética

A oferta de medidas de eficiência energética ao leilão melhora a sua rentabilidade (item 5), inclusive para novas instalações (item 5.5). A estrutura necessária a ser montada para a viabilização do leilão (item 4.4) dará maior confiabilidade à energia economizada, despertando maior interesse por parte dos agentes e incentivando a indústria de ESCOs. Medidas inovadoras, como a venda da energia economizada pela fabricação de equipamentos (motores, eletrodomésticos) mais eficientes (item 2.3.2.3), desenvolverão novos potenciais de eficiência energética.

b. O leilão de eficiência energética é viável e as condições de sua implantação no Brasil são favoráveis

O DSB – *demand-side bidding* – já produziu bons resultados nos EUA (item 3.1). A IEA o tem estudado como mecanismo de mercado importante para desenvolvimento da eficiência energética nas novas configurações que o setor elétrico, através da desverticalização (*unbundling*) das empresas, privatização, comercialização e competição, tem assumido nos diversos países (item 3.2). A expansão do sistema elétrico brasileiro é hoje feita através de leilões, de cuja estrutura pode se beneficiar a venda de energia elétrica como "usina virtual" (item 1.4.5), encaixando-se de forma harmônica no processo (item 2.3.1).

c. As usinas virtuais são competitivas em relação às usinas reais

No DSB dos EUA, o custo da energia economizada para as companhias de eletricidade foi sempre menor que o de expansão (item 3.1.9). No Brasil, existe um grande potencial de eficiência energética a custo menor que a expansão, no qual o uso de força motriz na indústria tem grande expressão (item 4.4.1.1). A compra de energia elétrica economizada pelo sistema elétrico pode beneficiar a todos os consumidores, participantes e não-participantes, se o valor pago ficar algo[122] abaixo do custo marginal de expansão (item 2.1.2). Além disso, a oferta ao leilão pode cobrir apenas parte dos custos, já que a energia não paga pode remunerar grande parte do investimento (ver exemplos no item 5).

---

[122] No item indicado, é discutido o que significa este "algo". Além disso, como a eficiência energética retira consumo na ponta do sistema, custos de expansão de transmissão e distribuição também devem ser considerados (item 4.3).

d. Práticas adequadas de medição e verificação (M&V) garantem a "expansão útil" do sistema elétrico

Uma barreira importante para a maior penetração de venda de eficiência energética, tanto para o mercado individual de ESCOs, quanto para o sistema elétrico, é a confiança dos agentes em que realmente uma quantidade de energia determinada deixou de ser consumida, abrindo espaço para que seja usada em outra aplicação, como uma nova energia adicionada. As práticas de M&V já têm um quarto de século de existência e estão hoje consolidadas e bem aceitas (item 4.4.5) . No Brasil, ainda há dificuldades. A criação de uma estrutura de M&V para atender ao leilão, necessária para garantir a confiança nas práticas de apuração das economias, terá certamente impacto positivo no crédito dos agentes e na indústria de ESCOs. Deverá haver, no leilão, uma exigência adicional para garantir a retirada de energia do ponto de vista do sistema elétrico, às vezes diferente de acordo possível entre ESCO e dono da instalação (item 5).

e. O leilão de eficiência energética tem papel importante a cumprir no planejamento da expansão

Tradicionalmente, a eficiência energética compunha o planejamento energético como uma redução da demanda, onde diversas ações poderiam retirar um percentual do consumo estimado. Hoje, a tendência no Brasil, manifesta por ações do MME e da EPE, como no PNE 2030, é que isto represente apenas uma parte do papel da eficiência energética, a outra constituindo-se de ações planejadas, com orçamento, meta, prazo e acompanhamento definidos, constituindo-se em alternativas à expansão por novas usinas (item 1.4.5). O leilão pode cumprir parte desta meta, selecionando, pelo seu funcionamento intrínseco, medidas de menor custo nos setores mais indicados para este tipo de ação, indústria e grande comércio, no uso final, e fabricantes de equipamentos, na adoção de linhas mais eficientes (item 2.3.2).

f. Medidas de eficiência energética ofertadas no leilão têm maior custo que as de GLD

Este é um fato observado no DSB nos EUA (item 3.1.4). A explicação está na assunção dos riscos: o não cumprimento das metas de redução, expondo o sistema a risco de desabastecimento, é assumido integralmente, nos programas de GLD, pelo sistema, enquanto no leilão a grande parte é assumida pelas ESCOs (item 2.1). Mais especificamente, os riscos podem ser classificados em: riscos de desenvolvimento (não se conseguir corretos instalação/comissionamento ou não atingir a necessária penetração no mercado), desempenho (não se atingir os valores de energia esperados a curto e longo prazos) e de demanda (não se concretizar a projeção dos valores de demanda, inclusive custo de nova geração) – no leilão, apenas os últimos são assumidos pela sociedade, enquanto no GLD quase todos o são, a menos de parte dos riscos de desenvolvimento.

g. O leilão é indicado apenas para alguns setores e tipos de medidas de eficiência e-nergética

Ofertar medidas ao leilão exige alto custo de transação e administrativos. A experiência dos EUA mostrou (item 3.1.9) que, embora os donos de instalação tenham ficado satisfeitos com os resultados, consideraram grande o trabalho administrativo – eles manifestaram a preferência por mecanismos voltados a tecnologias específicas, com menor burocracia (por e-xemplo, as ofertas-padrão (*standard-offer programs*), onde incentivos pré-fixados são pagos a medidas adotadas em determinada tecnologia – GARCIA e GELLER, 2007, p. 4). Reduzir estes custos e trabalho administrativo é, portanto, condição necessária para o sucesso do leilão no Brasil, e uma proposta para isso é apresentada neste trabalho e comentada a seguir.

Desta forma, o leilão é mais indicado para os setores com maior estrutura de engenharia e administrativa – indústrias, grande comércio e fabricantes de equipamentos (item 2.3.2). O uso final mais explorado no DSB, com larga margem, foi a iluminação (item 3.1.2). Força motriz, em especial em sistemas de condicionamento ambiental, vem a seguir. Nesta tese, procurou-se mostrar como o uso de força motriz na indústria pode ser explorado para o leilão (itens 4.4.1.1 e 5), e a oferta da energia economizada pelo uso de tecnologia mais eficiente no uso da energia pelos próprios fabricantes de equipamentos (itens 2.3.2.3 e 4.4.1.2).

h. As ESCOs têm papel fundamental no processo do leilão

No DSB dos EUA, quase 90% das medidas foram implementadas através de ESCOs (i-tem 2.3.2). As ESCOs terão papel fundamental, seja no levantamento de oportunidades e mercado, seja através dos próprios contratos de implementação de medidas, seja como assessoria a grandes consumidores com ofertas específicas em seu processo. O mercado de ESCOs terá grande impulso com o desenvolvimento das técnicas e estrutura montada de M&V necessária ao leilão, o que o realimentará.

i. A estrutura de apoio ao leilão pode reunir competências já existentes

Propõe-se nesta tese criar uma força-tarefa (itens 4.4.3, 4.4.5, e 4.5) para a implementação do leilão de eficiência energética, que reúna competências já existentes: planejamento energético - EPE; viabilização – padronização e simplificação de medidas e procedimentos de M&V que reduzam os custos de transação e administrativos e dêem maior confiabilidade ao processo – PROCEL, ANEEL e CEPEL; formatação e implementação do leilão propriamente dito – EPE e CCEE; padronização e simplificação de contratos de *performance* com ofertas ao leilão – ANEEL e PROCEL; financiamento dos projetos – BNDES; certificação e apoio a projetos e ações de M&V, inclusive comprovação metrológica – PROCEL, INMETRO e INEE; viabilização legal e processual de repasse às tarifas – ANEEL; avaliação e aprimoramento do processo do leilão – MME.

j. Há várias alternativas para a introdução do mecanismo do leilão no país

O leilão deve cobrir uma parte da expansão prevista do mercado das concessionárias. Algumas alternativas de como isto pode ser feito foram apresentadas no item 2.3.1 em relação

ao montante de energia comercializado e a forma do leilão e, no item 4.1.5, foi apresentado um outro modelo – o dos Certificados Brancos (CBs) – que, absorvendo uma parte das metas do PEE, poderia desenvolver o comércio de eficiência energética como complementação das metas fixadas, e não atingidas, das concessionárias. Este esquema garantiria a eficiência econômica das medidas pelo leilão e o cumprimento das metas pelo mecanismo dos certificados, e seria uma primeira fase para o posterior amadurecimento do leilão. Assim, um determinado volume de negócios seria garantido ao leilão.

O leilão não deve ser encarado como um objetivo em si, mas como uma forma de explorar eficientemente o potencial de eficiência energética. Ele pode e deve ser usado em associação com outros mecanismos porque consegue estabelecer um mercado competitivo, selecionar o melhor preço para a sociedade e garantir confiabilidade à energia retirada do sistema, na medida em que o mercado só aceitará pagar por algo que realmente exista.

6.2 Recomendações para novos estudos

Muitas das questões apresentadas sobre M&V já foram resolvidas pelo MDL (SCHAEFFER, 2006, p. 2). Projetos de eficiência energética também evitam a emissão de gases de efeito estufa, na medida em que reduzem a eletricidade gerada[123]. A sinergia, portanto, entre o mecanismo do leilão e os projetos ao MDL é grande e deve ser melhor estudada.

Estudos de potencial de eficiência energética são necessários ao correto estabelecimento do leilão como discutido no item 4.4.1. Também serão necessárias mudanças na legislação (item 4.6.3) e procedimentos para viabilização das propostas e de medição e verificação (itens 4.4.2 e 4.4.5).

---

[123] A emissão de CO2 evitada pode ser dimensionada por dados publicados pelo MCT (2008) para cada submercado do SIN para cada mês, dia ou hora ocorrida.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Tarifas Médias por Classe de Consumo Regional e Brasil (R$/MWh)**. Disponível em http://www.aneel.gov.br/. Acesso em: 13.out.2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Manual do Programa de Eficiência Energética**. Ciclo 2005/2006. Brasília – DF: ANEEL, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 167/2005**. Estabelece as condições para a comercialização de energia proveniente de Geração Distribuída. Brasília-DF: ANEEL, 10.out.2005a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 176/2005**. Estabelece critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética. Brasília-DF: ANEEL, 28 nov.2005b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 247/2006**. Estabelece as condições para a comercialização de energia elétrica de fontes primárias incentivadas com consumidores acima de 500 kW. Brasília-DF: ANEEL, 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Por Dentro da Conta de Luz**. Informação de Utilidade Pública. Brasília-DF: ANEEL, 2006a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Edital de Leilão n. 05/2007-Aneel – Características Técnicas**. Anexo II. Brasília-DF: ANEEL, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL e AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP. **Eficiência Energética**: Integrando Usos e Reduzindo Desperdícios. Organizado por J. Haddad e S. C. Aguiar. Elaborado por A. R. S. Martins et al. Brasília: ANEEL e ANP, 1999.

ALMEIDA, M. A. **O Potencial de Redução do Consumo de Energia Elétrica em Sistemas Eletromecânicos**: Análise de Alternativas para seu Melhor Aproveitamento. Tese (Doutorado em Planejamento Energético). 2001. 447 p. Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

AMERICO, M. Sistemas Motrizes: **Eficiência Energética e Técnicas de Acionamento**. Apresentações em Power-Point em curso Cepel/Sebrae-RJ/UFF. Niterói-RJ, 2003.

ASEA-PACIFIC ECONOMIC COOPERATION – ENERGY STANDARDS INFORMATION SYSTEM (APEC-ESIS). **A Survey of Efficiency Levels Specified for Three-Phase Cage Induction Motors**. [s/l]: APEC-ESIS: janeiro.2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA – ABINEE. **Vendas de motores elétricos** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por agenorgarcia@terra.com.br em 11.jul.2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Sítio contendo informações sobre normas brasileiras. Disponível em: http://www.abnt.org.br/. Acesso em: 14 out.2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520:** Informação e documentação – Apresentação de citações em documentos. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2000.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. **Apoio a Projetos de Eficiência Energética – PROESCO**. Sítio contendo informações sobre este programa de financiamento. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/ambiente/proesco.asp. Acesso em: 24 jun.2007.

BDMOTOR. Software para dimensionamento e eficientização de motores elétricos de indução. Rio de Janeiro: Sebrae-RJ, [199-]. Programa.

BERNAUER. Sítio contendo informações sobre produtos e serviços deste fabricante de ventiladores industriais. Disponível em: http://www.bernauer.com.br/. Acesso em: 22 ago.2007.

BRASIL. Decreto 4.059 de 19.dez.2001ª. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. **D.O.U.**, Brasília, DF, 20.dez.2001ª. Disponível em: http://www.mme.gov.br. Acesso em 24.abr.2003.

BRASIL. Decreto 4.508 de 11.dez.2002. Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, e dá outras providências. **D.O.U.**, Brasília, DF, 12.dez.2002. Disponível em: http://www.energiabrasil.gov.br/decretos/decreto4508.pdf. Acesso em 24.abr.2003.

BRASIL. Lei 10.295, de 17.out.2001 – "**Lei de Eficiência Energética**". Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. **D.O.U.**, Brasília, DF, 18.out.2001. Disponível em http://www.mme.gov.br. Acesso em 24.abr.2003.

BRASIL. LEI nº 10.848, de 15 de Março de 2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica e dá outras providências. Brasília-DF: DOU, nº 51, 16.mar.2004.

CALIFORNIA PUBLIC UTILITIES COMMISSION - CPUC e CALIFORNIA ENERGY COMMISSION – CEC. **California Standard Practice Manual -Economic Analysis Of Demand-Side Programs And Projects**. California: CPUC e CEC, 2001.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. O Atual Cenário de Comercialização de Energia no Brasil. Apresentação ao **Energy Summit 2006**. Rio de Janeiro: IBC, 2006.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Relatório de Informações ao Público. Análise Anual - 2005**. São Paulo: CCEE, 2005.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. Sítio contendo informações sobre o comércio de energia elétrica no Brasil. Disponível em: http://www.ccee.org.br. Acesso em: 5 dez.2007.

CARDOSO, R. B. Avaliação de Resultados do Programa do Selo PROCEL – Iluminação: Lâmpadas Fluorescentes Compactas e Circulares. Apresentação ao **II CBEE – Sessões Plenárias**. Vitória – ES: UFES, 2007.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS (ELETROBRÁS), FUPAI/EFFICIENTIA. **Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 272 p. ilust. (Contém CD).

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS (ELETROBRÁS), FUPAI/EFFICIENTIA. **Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005ª. 208 p. ilust. (Contém CD).

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS (ELETROBRÁS), PROCEL INFO. **Guia de Medição e Verificação**. Elaboração A. A. Hahn. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2007. 54 p.

CHACAPUZ, P. B. de B. (coordenador). **Panorama do Setor de Energia Elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 2006.

CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM – CDM. Sítio contendo informações sobre o MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Disponível em: http://cdm.unfccc.int/. Acesso em: 6 dez.2007.

COLLABORATIVE LABELING AND APPLIANCE STANDARDS PROGRAM (CLASP). Autores principais: Wiel, S. e McMahon, J. E. **Energy-Efficiency Labels and Standards**: A Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting. 2nd edition. Washington, D.C: CLASP, 2005.

COMERC Comercializadora de Energia Elétrica Ltda. Sítio contendo informações sobre a empresa que atua como agente comercializador autorizado pela ANEEL. Disponível em: http://www.comerc.com.br/. Acesso em: 26 mar.2007.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. Um ano após a crise energética. Suplemento especial. **Sondagem Industrial**. Ano 5, no 2, abr.jun.2002. Rio de Janeiro: CNI, 2002.

COOPERS & LYBRAND e outros. **Market Rules B**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1998.

COSTA, M. M. **Financiamento de Projetos de Eficiência Energética na Indústria. PROESCO – BNDES**. Apresentação ao Seminário de Eficiência Energética na Indústria. Curitiba: BNDES, 2006.

DELGADO, M. A. P. – **Alternativas para o Aumento da Eficiência Energética no Brasil**: Uma Análise Técnico-Econômica para Viabilização de Motores Elétricos de Alto Rendimento e o Caso das Empresas de Serviços de Energia – 1996, 165 p. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

DURÃES, M. S. D. **Teoria dos Leilões**: Abordagem Comparativa com Ênfase nos Leilões de Títulos do Tesouro no Brasil e em Outros Países. Brasília-DF: Tesouro Nacional, 1997.

EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION – EVO. **International Performance Measurement and Verification Protocol** - Concepts and Practices for Determining Energy Savings in New Construction – vol. III, part I. January 2006. [s.l.]: EVO, 2006.

EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION – EVO. **International Performance Measurement and Verification Protocol** - Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings - Volume 1. Versão abril.2007. [s.l.]: EVO, 2007.

ELETROBRÁS. CEPEL. PROCEL. CATE – Centro de Aplicação de Tecnologias Eficientes. **Guia Operacional de Motores Elétricos**. Rio de Janeiro [?]: [s.n.], [199-].

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanço Energético Nacional 2006**. Ano base 2005. Rio de Janeiro: EPE, 2006.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Nacional de Energia 2030 – Eficiência Energética – v. 11**. 14 v.: il. Brasília – DF: MME, EPE, 2006a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Consolidação do Mercado de Energia Elétrica e da Economia 2005**. Rio de Janeiro: MME, EPE, 2006b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Estratégia para expansão da oferta.** Apresentação em PowerPoint para o PNE 2030. Rio de Janeiro: MME, EPE, 2006c.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica – PDEE 2006/2015.** Rio de Janeiro: EPE, 2006d.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Boletim de Análise e Conjuntura Energética. Novembro.2006**. Workshop sobre Leilão de Eficiência Energética**.** Rio de Janeiro: EPE, 2006e.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**. Seminários Temáticos: Projeções do Consumo Final de Energia**.** Brasília-DF: EPE, 2006f.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Mercado de Energia Elétrica 2006: Brasil, regiões e classes de consumo.** Apresentação em PowerPoint – 23 jan.2007. Rio de Janeiro: EPE, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2007-2016.** Rio de Janeiro: EPE, 2007a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030.** Rio de Janeiro: EPE, 2007b.

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ (EFEI).. **Conservação de Energia**: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. Apoio ELETROBRÁS / PROCEL Itajubá – MG: FUPAI, 2001.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio Eletrônico – Século XXI**. Versão 3.0. [S.l.]: Lexikon Informática Ltda., nov. 1999. 1 CD-ROM.

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S. A. Sítio contendo informações sobre a empresa. Disponível em: http://www.furnas.com.br/. Acesso em: 20 mar.2007.

GARCIA, A. G. P. **Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria**. 2003. 132 p. Dissertação Mestrado em Planejamento Energético – Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

GARCIA, A. G. P., SCHAEFFER, R., SZKLO, A. S. e McNEIL, M. A. Energy-efficiency standards for electric motors in Brazilian industry. In **Energy Policy** v. 35, issue 6, jun.2007, p. 3424–3439. [S.l.]: Elsevier, 2007.

GARCIA, A. G. P., GELLER, H. S.. Mecanismos de Mercado para Promoção de Eficiência Energética no Brasil. **II CBEE. Anais**. Vitória – ES: UFES, 2007.

GELLER, H. S. **O Uso Eficiente da Eletricidade:** uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro: INEE, 1994.

GELLER, H. S. et al. Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil. **Energy Policy.** 2003. Disponível em: http://www.sciencedirect.com. Acesso em: 10.set.2003.

GELLER, H. S. **Proposta para Leilão de Eficiência Energética no Brasil**. 7 p. Artigo proposto para debate em *workshop*. Revisado em 13 out.2006. Rio de Janeiro: EPE, 2006.

GELLER, H. S. Leilão de Eficiência Energética no Brasil. **Workshop sobre Leilão de Eficiência Energética no Brasil. Palestras**. Rio de Janeiro: EPE, 2006a.

GERBI – Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa na Indústria Brasileira. **Gestão Energética Competitiva**: Módulo de Treinamento. Rio de Janeiro: GERBI, 2003.

GOLDMAN, C. A. e KITO, M. S. Review of US Utility Demand-Side Bidding Programs. In **Utilities Policy**, Great Britain, v. 5, n. 1, p. 13-25, 1995.

GOLDMAN, C. A., HOPPER, N. C. e OSBORN, J. G. Review of US ESCO industry market trends: an empirical analysis of project data. In **Energy Policy,** n. 33, p. 691-704. [S.l.]: Elsevier, 2005.

GOMES, A. A. C. **A Reestruturação das Indústrias de Rede**: Uma Avaliação do Setor Elétrico Brasileiro. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). 1998. UFSC, Florianópolis, SC.

GTZ – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT. **Conservação de Energia na Pequena e Média Indústria no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: SEBRAE-RJ, [199-].

HAHN, A. A. Comentários sobre os exemplos de M&V considerados no texto. Comunicação pessoal. 29 nov.2007.

HOLLAUER, G. Eficiência Energética: Motivadores e Inserção no Planejamento Energético. Apresentação ao *workshop* "**Panorama e Perspectivas da Eficiência Energética**", promovido pela Fundação COGE. Rio de Janeiro: MME, 2007.

HORTA NOGUEIRA, L. A. Avaliação de Resultados do Programa do Selo PROCEL - Freezers e Refrigeradores. Apresentação ao **II CBEE – Sessões Plenárias**. Vitória – ES: UFES, 2007.

HOUAISS. A. **Dicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Editora Objetiva, 2006.

INSTITUTO CIDADANIA – IC. **Diretrizes e Linhas de Ação para o Setor Elétrico Brasileiro**. Coordenador: Luiz Pinguelli Rosa. Rio de Janeiro: IC, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO. Sítio contendo informações sobre a atuação deste organismo. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/. Acesso em: 10 dez.2007.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Developing Mechanisms for Promoting Demand-side Management and Energy Efficiency in Changing Electricity Businesses**. Research Report n. 3. Task VI of the International Energy Agency Demand-Side Management Programme. Final Version. Danderyd – Sweden: IEA, Aug.2000.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. DEMAND-SIDE MANAGEMENT PROGRAMME. IEA-DSM. Sítio contendo estudos e propostas de ações em gerenciamento pelo lado da demanda. Disponível em: http://dsm.iea.org/. Acesso em: 28 mar.2007.

INTERNATIONAL PERFORMANCE MEASUREMENT AND VERIFICATION PROTOCOL. IPMVP. **Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance**. Tradução do Instituto Nacional de Eficiência Energética – INEE. Julho.2003. Disponível em: http://www.evo-world.org/. Acesso em: 12 ago.2007.

JANNUZZI, G. de M., SWISHER, J. N. P. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos**: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis. Campinas – SP: Autores Associados, 1997.

JANNUZZI, G. de M. e GOMES, R. D. M. A Experiência Brasileira Pós-Privatização em Programas de Eficiência Energética e P&D: Lições das Iniciativas de Regulação e da Crise Energética. In: **IX Congresso Brasileiro de Energia**. Anais, p. 1477-1485. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002.

JANNUZZI, G. de M. **Aumentando a Eficiência nos Usos Finais de Energia no Brasil**. Campinas: UNICAMP, [2002?].

JANNUZZI, G. de M. **Eficiência Energética e Atividades de P&D no Brasil: Experiências do *Wirecharge Mechanism* (1998-2004).** Relatório do programa DESENVOLVENDO MECANISMOS DE INTERMEDIAÇÃO FINANCEIRA PARA PROJETOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL, CHINA E ÍNDIA [S.l.]: ESMAP, 2005.

KLEMPERER, P. **Auctions: Theory and Practice**. Princeton – NJ: Princeton University Press, 2004.

KSB. Sítio contendo informações sobre bombas e outros equipamentos e serviços. Disponível em http://www.ksb.com.br/. Acesso em: 27 out.2007.

LA ROVERE, E. L. Um Enfoque Alternativo para o Planejamento Energético. **Revista ABG**, jun.1986.

LEITE, A. D. **A Energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 528 p.

LEONELLI, P. A. Eficiência Energética no Brasil. Avanços Recentes e Perspectivas. Apresentação ao **SIEFE – Seminário Internacional de Eficiência Energética. Palestras**. Campinas: Gente do Brasil, 2006.

LOBOSCO, O. S. e DIAS, J. L. P. C. **Seleção e Aplicação de Motores Elétricos**. São Paulo: McGraw-Hill: Siemens, 1988. 2 v.

MACHADO, A. C. Comentários sobre Eficiência Energética e Termos Relacionados. In: IX Congresso Brasileiro de Energia, 2002, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002, v. III, p. 1258-1264.

MARTIN, N. et al. **Emerging Energy-Efficient Industrial Technologies**. Lawrence Berkeley National Laboratory, out.2000.

MELLO, H. C. F. **Setor Elétrico Brasileiro**: Visão Política e Estratégica. Monografia (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia). 2000. Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. Mudanças Climáticas → Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) → **Fatores de emissão de CO_2 pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil**. Disponível em: http://www.mct.gov.br/. Acesso em: 1 fev.2008.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. **Modelo Institucional do Setor Elétrico**. Brasília-DF: MME, dez.2003.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. **Balanço de Energia Útil – BEU 2005**. Ano Base 2004. Brasília-DF: MME, 2005. Disponível em: http://www.mme.gov.br. Acesso em: 2.dez.2005.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. **Portaria Interministerial 553, de 8 dez.2005.** Aprova o Programa de Metas de motores elétricos de indução trifásicos. Brasília-DF: MME, 2005a.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. **Eficiência Energética na Retomada do Planejamento**. Apresentação em Power Point ao *Workshop* sobre Leilões de Eficiência Energética. Rio de Janeiro: EPE, 7 dez.2006.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. **O Novo Modelo do Setor Elétrico**. Cartilha. Brasília-DF: MME, 200-.

MOREIRA, J. R. e ESPARTA, R. Energy Security. In **Brazil: A Country Profile on Sustainable Energy Development.** Chapter 8. Vienna: IAEA, 2006.

MORENO, E. **ESCOs – Potencial do Mercado de Eficiência Energética**. Apresentação de slides em pdf. [S.l.]: ABESCO, 2003.

NADEL, S. et al. **Energy-Efficient Motor Systems**: a Handbook on Technology, Program and Policy Opportunities. Second Edition. Washington, DC: ACEEE, 2002.

OLIVEIRA, R. G. **Análise de Desempenho Regulatório**: Lições da Experiência Britânica na Indústria de Eletricidade. Tese (Doutorado em Planejamento Energético). 2004. 396 p. Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS. Contém dados sobre o Sistema Elétrico Brasileiro. Disponível em: http://www.ons.org.br/ons/sin/index.htm. Acesso em: 17.jun.2004.

PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY. **Field Demonstration of a High-Efficiency Packaged Rooftop Air Conditioning Unit at Fort Gordon, Augusta, GA**. Final Report. Richland, Washington: PNNL, 2006.

PEGO FILHO, B. et al. **Impactos Fiscais da Crise de Energia Elétrica: 2001 e 2002**. Textos para discussão no 816. Rio de Janeiro: IPEA, 2001.

POMERMAYER, M. L. Programas de Eficiência Energética das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica: Resultados, Desafios e Perspectivas. Apresentação ao workshop **Panorama e Perspectivas da Eficiência Energética – Fundação COGE**. Rio de Janeiro: ANEEL, 2007.

POOLE, A. D. **Análise dos Resultados da Pesquisa das Empresas de Serviços de Eficiência Energética no Brasil**. Organizado pela ABESCO. Apoio do Banco Mundial, PNUMA e Fundação das Nações Unidas. 26 p. [S.l.]: ABESCO, 2005.

POOLE, A. D., GELLER, H. S. **O Novo Mercado de Serviços de Eficiência Energética no Brasil.** Rio de Janeiro: INEE, 1997. Disponível em: http://www.inee.org.br/. Acesso em: 11.set.01.

PROCEL/ELETROBRÁS. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso**. Ano base 2005. Setor Residencial. Rio de Janeiro: PROCEL, 2007.

PROCEL - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Sítio contendo informações sobre a atuação do programa em eficiência energética. Disponível em: http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp. Acesso em: 21 set.2007.

PUBLIC SERVICE COMPANY OF COLORADO - PSCo. **BID 2001 – Commercial and Industrial Demand Side Management Bidding Program – Request for Proposals** (draft). Boulder – CO: PSCo, 1999.

RAAD, A. **Identificação e análise das soluções e barreiras à eficiência energética no caso do setor elétrico brasileiro**. 1999. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1999.

REZENDE, L. B. **Três Artigos sobre Leilões de Títulos**. Dissertação (Mestrado em Economia). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Orientador: GARCIA, M. G. P. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 1997.

ROSA, L. P. (Org.). **Um País em Leilão**: das Privatizações à Crise de Energia. Relatórios elaborados pela COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro: IVIG, COPPE/UFRJ, 2001.

ROSA, L. P. **O Estado no Setor Elétrico**. Notas de aula da disciplina de doutorado do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2004.

ROSA, L. P., TOLMASQUIM, M. T. e PIRES, J. C. L. **A Reforma do Setor Elétrico no Brasil e no Mundo**: Uma Visão Crítica. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1998.

SAN DIEGO REGIONAL ENERGY OFFICE. **Residential Energy Efficiency Measures**. San Diego: SDREO, 2002.

SAUER, I. L. et al. **A Reconstrução do Setor Elétrico Brasileiro**. Campo Grande – MS: Ed. UFMS; São Paulo: Paz e Terra, 2003.

SAUER, I. L. et al. **O Racionamento de Energia Elétrica Decretado em 2001**: Estudo das Causas e Responsabilidades e Análise das Irregularidades e dos Indícios de Improbidade na Compra de Energia Emergencial e nas Compensações às Concessionárias. Texto em Adobe Acrobat. São Paulo, 2002.

SCHAEFFER, R. **Avaliação dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica Desenvolvidos por Empresas Distribuidoras de Energia Elétrica no Ciclo 1998/1999**. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001, 1996 p. e anexos.

SCHAEFFER, R. Energia é refém do jogo político. Entrevista à revista **Brasil Energia**, nº 284, julho.2004, p. 20-24.

SCHAEFFER, R. et al. **Avaliação dos Índices de Eficiência Energética para Motores Trifásicos de Indução**. Relatório final. Projeto conduzido pela CLASP, sob os auspícios da UN/DESA. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2005.

SCHAEFFER, R. Leilão de Eficiência e Certificados Brancos. ***Workshop* sobre Leilão de Eficiência Energética. Palestras**. Rio de Janeiro: EPE, 2006.

SCHNEIDER. **Motobombas – Manual Técnico**. Joinville: Schneider, 2006.

STONER JR., T. H. e POOLE, A. D. **A Financial Model for Evaluating Projects with Performance Contracts**: Report to the Energy Financial Task Force. Draft June 20, 2003. [S.l.], 2003. 12 p.

SUMMIT BLUE CONSULTING.. **Impact and Process Evaluation of the Bid 2001 Program**. Relatório final preparado para a Xcel Energy. Boulder, CO: Summit Blue Consulting, 2003.

SUMMIT BLUE CONSULTING.. **Colorado Demand-Side Management Programs Impact, Cost-Effectiveness, Process and Customer Satisfaction Evaluations**. Relatório final preparado para a Xcel Energy. Boulder, CO: Summit Blue Consulting, LLC, 2006.

SZKLO, A. S. e GELLER, H. S. Policy Options for Sustainable Energy Development. In **Brazil: A Country Profile on Sustainable Energy Development.** Chapter 9. Vienna: IAEA, 2006.

SZKLO, A. S. e SCHAEFFER, R. Fuel specification, energy consumption and CO2 emission in oil refineries. *In* **Energy, v. 32, p. 1075–1092**. [S.l.]: Elsevier, 2007.

TOLMASQUIM, M. T. O Leilão de Eficiência Energética e o Novo Modelo do Setor Elétrico. ***Workshop* sobre Leilão de Eficiência Energética no Brasil. Palestras**. Rio de Janeiro: EPE, 2006.

TOLMASQUIM, M. T., OLIVEIRA, R. G. e CAMPOS, A. F. **As Empresas do Setor Elétrico Brasileiro**: Estratégias e Performance. Rio de Janeiro: Cenergia, COPPE/UFRJ, 2002.

TOLMASQUIM, M. T., SZKLO, A. S. (coordenadores). **A Matriz Energética Brasileira na Virada do Milênio.** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.

VENTURINI, O. J. e PIRANI, M. J. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**. Livro e manual técnicos feito pela EFFICIENTIA/FUPAI para o projeto PROCEL-INDÚSTRIA da Eletrobrás. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

VIDINICH, R. **Programas de Eficiência Energética**. Apresentação em PowerPoint. Brasília-DF: ANEEL, 2006.

VILLA VERDE, V. S. **A Conservação de Energia Elétrica no Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro.** 2000. 99 p. Tese(Mestrado em Planejamento Energético) – Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

VINE, E. An international survey of the energy service company (ESCO) industry. In **Energy Policy**, n. 33, p. 691-704. [S.l.]: Elsevier, 2005.

WALTZ, J. P. **Management, Measurement & Verification of Performance Contracting**. Lilburn-GA: The Fairmont Press, Inc., 2003.

WEG. **Guia Técnico: Motores de indução alimentados por conversores de freqüência PWM**. Responsabilidade técnica: Waldiberto de Lima Pires. Jaraguá do Sul – SC: Weg, 2006.

WEG. Sítio contendo informações sobre motores de indução e outros produtos elétricos. Disponível em: http://www.weg.com.br. Acesso em: 27 out.2007.

WWF BRASIL. **Agenda Elétrica Sustentável 2020**: Estudo de Cenários para um Setor Elétrico Brasileiro Eficiente, Seguro e Competitivo. Brasília: WWF, 2006. 80 p. : il.; (Série técnica: v.12).

XCEL ENERGY. **Custom Efficiency RFP – Bid Cycle #2**. Boulder – CO: Xcel, 2002.

XCEL ENERGY. Sítio contendo informações sobre esta companhia de eletricidade e gás natural. Disponível em: http://www.xcelenergy.com/. Acesso em: 1 mai.2007.

XENERGY. **United States Industrial Motor Systems Market Opportunities Assessment**. Prepared for the US DOE and Oak Ridge National Laboratory. Massachusetts, dez.1998.