

**ARTIGOS****TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E SEUS IMPACTOS FUTUROS SOBRE EMPRESAS DE ENERGIA****James T. C. Wright**

Doutor em Administração pela Universidade de São Paulo – FEA/USP

Professor do Depto. de Administração da USP. Coordenador do Programa de Estudos e do MBA Internacional da Fundação Instituto de Administração

E-mail: jameswright@fia.com.br [Brasil]

Daniel Estima de Carvalho

Mestrando em Administração pela Universidade de São Paulo – FEA/USP

Pesquisador do Programa de Estudos do Futuro da Fundação Instituto de Administração Profuturo – FIA

E-mail: danielc@fia.com.br [Brasil]

Renata Giovinazzo Spers

Doutora em Administração pela Universidade de São Paulo – FEA/USP

Professora Doutora e Vice Coordenadora do MBA Internacional da Fundação Instituto de Administração – FIA

E-mail: renatag@fia.com.br [Brasil]

Resumo

Este trabalho faz uma previsão, a partir da construção de cenários, do impacto futuro de tecnologias disruptivas de geração distribuída sobre a distribuição de energia elétrica. Geração Distribuída (GD) é definida por tecnologias de geração de energia cuja produção é destinada a atender predominantemente cargas locais, e tecnologias disruptivas são consideradas aquelas que, em geral, não podem ser facilmente avaliadas por uma empresa dominante, mas, ao serem descobertas pelos consumidores, alteram as características iniciais do mercado e são incorporadas rapidamente por consumidores e novos produtores. Para a realização do trabalho, foi utilizada uma metodologia de elaboração de cenários a partir do uso de técnicas combinadas, como Delphi, extrapolações de dados, Análise e Estruturação de Modelos (AEM) e avaliação de impactos. Os resultados indicam que, com o advento da geração distribuída, será possível mitigar eventuais efeitos da incerteza da demanda de energia. Assim, como consequência da menor incerteza na oferta, a introdução da geração distribuída pode contribuir para tornar o sistema mais confiável e eficiente.

Palavras-chave: Cenários, geração distribuída, tecnologias disruptivas.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (2008), Geração Distribuída (GD) é geração de energia que se caracteriza por estar próxima do consumidor, portanto economiza no sistema de transmissão e nas perdas do sistema em geral. Ainda de acordo com o INEE, essa geração independe de potência, tecnologia e fonte de energia. Dessa forma, entram na lista de exemplos de geração distribuída os co-geradores, painéis fotovoltaicos, geradores de emergência e pequenas centrais elétricas.

O consumidor mantém-se ligado em paralelo com a rede, aumentando sua garantia de suprimento, mas alimenta-se, principalmente, da energia gerada localmente. Por outro lado, a maior parte da energia de uma fonte de GD destina-se a consumidores próximos. Apesar de tais fontes encontrarem-se, eventualmente, conectadas às redes de distribuição de eletricidade, diz-se que elas não se encontram interligadas ao Sistema de Energia Elétrica, pois sua operação independe das regras de despacho do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) – entidade responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica.

Para efeito desta pesquisa, são consideradas apenas as oportunidades de GD situadas no seio da área de concessão da empresa de distribuição de energia elétrica para as cidades de São Paulo, Barueri, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embu, Embu-Guaçu, Itapeceira da Serra, Itapevi, Jandira, Juquitiba, Mauá, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santana de Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Lourenço da Serra, Taboão da Serra e Vargem Grande Paulista. Assim, serão avaliadas aquelas fontes de GD que podem estar inseridas na área da empresa, servindo, principalmente, os consumidores locais, e tais situações podem representar oportunidades e/ou ameaças para a região analisada.

Neste trabalho, o foco do estudo foi definido como o de tecnologias de GD que estão em estágio relativamente avançado de desenvolvimento, apresentando reais possibilidades de implementação, dentro da realidade brasileira e da área de concessão da empresa em São Paulo. Adicionalmente, procurou-se considerar as tecnologias de ponta, que tenham um caráter disruptivo.

Tecnologias disruptivas são descobertas científicas que causam um rápido avanço na capacidade de um produto ou tecnologia e fornece a base para um novo modelo competitivo. Podem ser uma nova combinação de tecnologias existentes ou novas tecnologias que causam mudança brusca de um determinado padrão de produtos ou criação de produtos totalmente novos, segundo Kostoff, Boylan e Simons (2004). Complementando esta visão, para Christensen e Bower (1995), tecnologias disruptivas são aquelas que, em geral, não podem ser facilmente avaliadas por uma empresa dominante, como é o caso das concessionárias de distribuição de energia elétrica, enquanto no estágio de pesquisa, seu impacto comercial pode não parecer significativo, deixando de merecer maior atenção da empresa. Entretanto, em seguida, ao serem descobertas pelos consumidores, podem provocar profundas mudanças nas características iniciais do mercado e, ao serem incorporadas rapidamente por outros ofertantes, estes podem capturar segmentos importantes do mercado, ameaçando o desempenho da empresa dominante inicial.

Diante deste contexto de possibilidades relacionadas à GD, o objetivo do trabalho é aplicar diferentes modelos de previsão tecnológica, e a partir da construção de cenários, analisar o impacto futuro de tecnologias disruptivas de geração distribuída sobre as empresas e o segmento de distribuição de energia elétrica.

Para alcançar este objetivo, foi traçado um referencial conceitual fornecendo os

fundamentos e principais técnicas utilizadas para a previsão tecnológica. Com base nestes modelos teóricos, foi feita uma aplicação das diferentes técnicas de previsão, com dados do setor de energia, com vistas a identificar as principais tendências da geração distribuída no futuro e os impactos sobre o setor de energia elétrica na área pesquisada, para um horizonte de tempo de 10 anos, a partir de 2006.

2 PREVISÃO TECNOLÓGICA: CONCEITOS E TÉCNICAS FUNDAMENTAIS

Porter et al. (1991) afirmam que o futuro é desconhecido e impossível de ser conhecido, uma vez que não existe uma bola de cristal perfeita. Dessa forma, as decisões que são feitas hoje, e que moldam o futuro, são baseadas na extensão dos conhecimentos atuais, que são incertos. Portanto, tendo em vista que os conhecimentos sobre a situação atual são insuficientes para a tomada de decisões precisas, os gestores precisam de ferramentas que os possibilitem lidar da melhor forma possível com as incertezas.

Um dos principais elementos a considerar na tomada de decisões estratégicas nas organizações diz respeito à tecnologia embutida em seus produtos e processos, cuja evolução tem sido cada vez mais rápida. Na concepção fundamental de Porter (1986), as empresas devem buscar vantagens competitivas para diferenciar dos concorrentes, e a busca por novas tecnologias tornou-se importante fator na criação de vantagens competitivas. As empresas investem em tecnologia buscando diferenciação no seu produto ou fabricação, ou buscando vantagens de custo, impactando o mercado como um todo.

Dessa forma, é fundamental para as organizações analisarem o mercado no qual estão inseridas e as perspectivas tecnológicas para o setor. Com essas informações, a empresa pode se preparar tecnologicamente para uma possível transformação, a partir de previsões sobre o futuro, segundo Godet (1993). A previsão tecnológica procura oferecer uma visão estruturada das perspectivas de avanço tecnológico em um determinado campo, através de estudos de fatores técnicos, econômicos, sociais e mercadológicos que viabilizam o avanço do conhecimento aplicado naquele aspecto. No entanto, a previsão deve ser entendida como uma arte, e não uma ciência exata.

Segundo Wright e Spers (2006), há três possibilidades de visão do futuro: a visão, extrapolativa, a exploratória e a normativa.

A visão extrapolativa busca projetar o futuro, a partir do que ocorreu no passado. Nessa visão, o futuro é projetado principalmente com a extrapolação dos dados históricos, baseada na premissa de estabilidade do inter-relacionamento das forças que moldam os eventos na sociedade. Esta visão tende a levar a decisões conservadoras, pois considera que o futuro será semelhante ao passado, e não prepara a organização para discontinuidades.

Na visão exploratória, admite-se que o futuro pode ser diferente do passado, e procura-se prever aquilo que pode acontecer, explorando-se os efeitos possíveis de mudanças importantes em uma ou mais tendências formadoras do futuro. Dessa forma, a visão exploratória tenta descrever os muitos futuros alternativos e plausíveis que poderão acontecer.

Por fim, a visão normativa busca projetar o que a organização deseja que ocorra no futuro; seria, dessa forma, o melhor cenário possível. Essa visão é importante pelo fato de caracterizar o que a organização entende como o futuro desejado, e que possa identificar que ações são necessárias para se procurar chegar até este cenário.

Este trabalho incorpora essas três visões para construir cenários diferentes, porém plausíveis, e apoiar a tomada de decisões sobre a prioridade de investimentos em implementação de tecnologias comerciais de geração distribuída na região de concessão de distribuição de energia elétrica na grande São Paulo. Apresentamos a seguir uma breve descrição de como os cenários foram construídos, a partir das diferentes técnicas.

2.1 A ELABORAÇÃO DE CENÁRIOS

Segundo Porter et al. (1991), cenários são esboços parciais de alguns aspectos do futuro cuja estruturação pode consistir em formas puramente narrativas, ou até modelos detalhados com dados quantitativos. Segundo Porter (1986), as principais funções dos cenários são: avaliação explícita de premissas de planejamento, apoio à formulação de objetivos e estratégias, avaliação de alternativas, estímulo à criatividade, homogeneização de linguagens e a preparação para enfrentar descontinuidades.

O cenário, como instrumento de apoio à decisão, pode ser encarado não como um exercício de predição, mas uma atividade que pretende fazer descrições plausíveis e consistentes de situações futuras possíveis, conforme apresentado por Wright e Giovinazzo (2004). Enquanto para Godet (1993) o cenário deve conter uma descrição detalhada de uma situação futura, incluindo a ação dos principais atores e a probabilidade estimada de eventos incertos, articulados de tal forma a descrever a passagem da situação de origem para uma situação em um momento futuro de forma coerente.

Mason (1994) e Schoemaker (1995) relatam em seus trabalhos a importância de um bom planejamento para que erros comuns não sejam cometidos, como subestimar ou superestimar o impacto de mudanças. Ringland (1998) também enfatiza a melhora na qualidade das decisões e a compreensão de suas implicações para a estratégia competitiva das organizações, a partir de um bom planejamento, em seu estudo sobre o uso de cenários pelas empresas. Mason (1994) afirma que o planejamento é um olhar para frente de forma criativa e aberta, em busca de padrões que podem emergir e que devem levar a um processo de aprendizagem sobre o futuro. Vemos também que os cenários alternativos permitem mapear caminhos distintos, considerando tendências passadas e eventos incertos.

Wright e Giovinazzo (2004) apresentam um método de composição de cenários elaborados em oito etapas, conforme segue.

1. Definição do escopo e objetivos dos cenários: nesta etapa deve haver a caracterização do escopo dos cenários e caracterização das decisões a apoiar. Pode-se definir escopo, decisões relevantes, os atores centrais e grupos de interesse (*stakeholders*), a abrangência geográfica dos cenários e o horizonte temporal.
2. Identificação das variáveis, tendências e eventos fundamentais: após a definição do escopo, é necessário identificar as variáveis fundamentais, considerando elementos como as cinco forças competitivas propostas por Porter (1986) e o papel do governo, a cadeia de valor, o *cluster* industrial, a lista de grupos afetados, e outros pontos relevantes para os cenários futuros de tecnologias em geração distribuída.
3. Estruturação das variáveis dos cenários, identificando as tendências pesadas e fatores invariantes, eventos incertos e fatos portadores do futuro. Também é necessário identificar as relações de causa e efeito entre as variáveis, identificando variáveis causais, intermediárias e resultantes. As técnicas utilizadas nesta etapa usualmente são a análise bibliográfica e a aplicação da técnica de análise e estruturação de modelos (AEM) para a elaboração de matrizes de inter-relacionamento, conforme será detalhado a seguir.
4. Projeção dos estados futuros das variáveis, que são projeções quantitativas e qualitativas de 2 e 4 estados por variável, objetivando quantificar sempre que for possível. Também é preciso avaliar as estimativas de probabilidades aos estados futuros identificados. As técnicas utilizadas nesta etapa são a extrapolação de tendências quantitativas e a técnica Delphi.
5. Identificação de temas motrizes dos cenários, classificados como:
 - Tendencial, mais provável: considera que as forças históricas continuarão a agir como

- no passado. Pode eventualmente ser o cenário mais provável.
- Cenários exploratórios contrastados: consideram o desenvolvimento de temas ou eventos direcionadores do ambiente.
 - Cenário normativo, desejado: prescritivo, caracteriza uma situação desejada, em função dos valores e crenças dos interessados.
6. Montagem de uma matriz morfológica de cenários, com uma análise de consistência de temas direcionadores, invariantes, eventos incertos. Estados futuros das variáveis causais, intermediárias e, por fim, das resultantes. Nesta etapa são utilizadas as técnicas de análise morfológica e análise de sistemas, com o apoio da ferramenta de análise e estruturação de modelos (AEM).
 7. Redação e validação dos cenários: esta etapa requer o detalhamento dos cenários, com a descrição de sua evolução e a explicitação das relações e sequências de causa e efeito entre as variáveis consideradas. Também é feita uma análise da consistência interna, plausibilidade e relevância dos cenários. Os cenários devem ser internamente consistentes, plausíveis e devem contemplar os fatores relevantes para a decisão em pauta. Outro ponto fundamental é validar com especialistas ou grupos de interesse, apresentação e discussão.
 8. Elaborar os cenários de transição ou de planejamento. Estes cenários focalizam etapas intermediárias, permitindo construir cenários de curto e médio prazo, coerentes com os cenários de longo prazo identificados.

Este método foi adotado neste trabalho, seguindo as etapas propostas por Wright e Giovinazzo (2004), conforme descrito no item seguinte.

2.2 O MÉTODO DELPHI

Segundo Wright (1985), a metodologia Delphi é utilizada para a identificação de tendências e eventos futuros, por meio da consulta a um grupo de especialistas sobre o tema. Neste trabalho foi utilizada a metodologia *WebDelphi*, que incorpora todas as premissas de um Delphi tradicional, mas utiliza a Internet como forma de coleta dos dados.

As principais características do Delphi, conforme definidas por Martino (1993), são:

- O anonimato dos respondentes, pelo preenchimento do questionário em um formulário no site da Internet;
- A representação estatística da distribuição dos resultados: tabulação e tratamento estatístico dos resultados;
- O *feedback* de respostas do grupo para reavaliação nas rodadas subsequentes, sendo os resultados da primeira rodada divulgados para que possam ser considerados pelo grupo no preenchimento da segunda rodada.

A evolução em direção a um consenso obtida no processo representa uma consolidação do julgamento intuitivo de um grupo de peritos sobre eventos futuros e tendências. O *feedback* estabelecido por meio das diversas rodadas permite a troca de informações entre os diversos participantes e em geral conduz a uma convergência rumo a uma posição de consenso, conforme descrito por Estes e Kuespert (1976).

De acordo com Wright e Giovinazzo (2000), a técnica é executada por meio de um questionário interativo, que circula repetidas vezes por um grupo de peritos. As questões devem ser de diferentes tipos e cuidadosamente elaboradas. Neste caso foram formuladas questões que apoiaram a elaboração dos cenários futuros das tecnologias de geração distribuída.

A qualidade do resultado de uma pesquisa Delphi depende essencialmente dos

participantes do estudo e, segundo Vichas (1982), um número de 15 a 30 painelistas é considerado um bom número, o suficiente para gerar informações relevantes, embora grupos maiores venham sendo utilizados com sucesso.

2.3 ANÁLISE E ESTRUTURAÇÃO DE MODELOS

A técnica de análise e estruturação de modelos (AEM) foi desenvolvida por Wright (1991) para apoiar grupos na estruturação de uma visão de consenso sobre um problema complexo. Permite a um grupo de até 20 pessoas realizar uma análise de um problema e definir um programa de ação em algumas sessões de trabalho, usando um *software* próprio e metodologia de reunião estruturada, conduzida com o apoio de um facilitador.

Quando grupos de trabalho são formados para tratar desses problemas, surge a dificuldade de comunicação entre especialistas, que trazem para o grupo conceitos e linguagens diferentes. Ademais, a capacidade de persuasão e o prestígio acadêmico ou profissional de alguns especialistas dão peso desproporcional a seus argumentos, independentemente de sua validade real. A dinâmica própria de um grupo tende a abafar posições minoritárias: alguns membros do grupo têm uma participação abaixo do seu potencial, e a lentidão da comunicação verbal limita o número de participantes efetivos e a qualidade dos resultados.

A possibilidade de construir em grupo, estudar detalhadamente, analisar e obter um consenso sobre modelos estruturais desse tipo é extremamente útil em situações de planejamento, tomada de decisão e definição de políticas. Neste trabalho, a técnica de AEM foi utilizada como apoio para definição da estrutura de inter-relacionamento das variáveis dos cenários.

2.4 EXTRAPOLAÇÕES QUANTITATIVAS

De acordo com Porter et al. (1991), projeções (extrapolações) utilizam o passado para antecipar o futuro. As projeções podem ser de curto, médio e longo prazo, e essa classificação é em grande medida subjetiva. Em geral se admite que curto prazo cubra um período de um mês até um ano. Já as projeções que vão de um ano até dois anos são classificadas geralmente de médio prazo. Logo, projeções acima de dois anos são consideradas de longo prazo. No caso deste projeto especificamente, as projeções poderiam ser consideradas de longuíssimo prazo, pois cobrem um período de 10 anos, tendo na realidade um caráter extrapolutivo para criação de cenários.

As previsões de curto prazo devem utilizar modelos que levem em conta variações estacionais. Já as previsões de médio prazo, até 5 anos podem ser estimadas a partir de modelos econométricos. No caso de previsões superiores a 5 anos pode-se também utilizar modelos estatísticos, no entanto, com um horizonte muito longo a premissa de estabilidade nas relações entre as variáveis do problema torna-se questionável. No caso deste estudo em questão, o objetivo não é uma pesquisa de demanda ou oferta de energia elétrica, mas sim a formulação de um referencial para o desenvolvimento das fases subsequentes do projeto, e estudo dos impactos das tecnologias disruptivas de GD. Assim, trata-se da busca de projeções de longo prazo de tecnologias existentes ou não que possam surgir de forma a impactar diretamente os cenários futuros do setor quanto à geração distribuída.

Para a realização de projeções quantitativas, existem vários critérios de técnicas: a análise de série de tempo, a análise de regressões simples, modelos econométricos etc.

O uso de determinado tipo de abordagem irá depender da disponibilidade de dados, do horizonte de projeção aventado, da necessidade de precisão da projeção e da forma de

agregação ou disposição dos dados brutos.

Em relação às variáveis utilizadas neste trabalho, com relação a esta abordagem quantitativa, podemos relacionar várias limitações:

- A disponibilidade de variáveis de fontes energéticas alternativas é restrita a curto período de tempo, logo a maioria destas variáveis foi prevista por meio de técnica Delphi;
- Outra questão é o período da projeção de longo prazo;
- Grande parte das variáveis só está disponível em um nível de agregação nacional ou estadual, o que dificulta uma análise específica.

Dessa forma, os objetivos destas projeções são a constituição de um cenário referencial, sendo assim, não há a necessidade de precisão, mas apenas de uma indicação de tendência, por isso, extrapolações tendenciais. Aceitando as várias limitações expostas, utilizaram-se fundamentalmente três tipos de funções matemáticas para expor as possíveis tendências que cada uma das variáveis poderia assumir ao longo dos próximos 10 anos.

O primeiro tipo se trata de uma projeção linear sobre os dados coletados. Rigorosamente busca-se achar apenas uma reta com seu ângulo de inclinação e intercepto. A partir desses dois valores aceita-se a premissa de que a variável deva comportar-se de forma idêntica nos anos seguintes ao último valor histórico coletado, assim temos uma reta. Para variáveis que possuem um comportamento ao longo do tempo com taxas de crescimento constantes, ou com pouca variância, essa projeção mostra uma tendência altamente aceitável.

Uma segunda projeção foi feita sobre os mesmos dados históricos, mas dessa vez utilizando-se uma progressão geométrica (e não aritmética, como é o caso da projeção linear). Essa projeção costuma apresentar um ajuste razoável da possível tendência de variáveis que possuíram ou que indiquem possuírem uma taxa de crescimento não constante (positiva ou negativa), ou seja, não linear. Temos também o uso da função recíproca. As projeções baseadas nesta função buscam representar a tendência de uma variável quando observamos que as taxas de crescimento ou decréscimo tendem a diminuir ao longo do tempo.

As possibilidades de projeções são muitas, na realidade, infinitas, podendo-se criar várias funções para seu cálculo. É possível, por exemplo, criar uma regra na qual os valores mais recentes da série histórica tenham maior relevância na projeção. Aliás, baseando-se em informações sobre possíveis impactos de uma nova tecnologia, pode-se simplesmente, por uso do bom senso e da experiência de especialistas sobre o assunto, projetar taxas crescentes ou, senão, decrescentes, ao contrário do que uma simples e direta análise dos dados históricos poderia indicar. O importante é que embora esses critérios sejam simples e fáceis de serem calculados, é necessário que sua aplicação e futura análise sejam feitas com o devido cuidado.

2.5 INTEGRAÇÃO METODOLÓGICA

Este estudo de prospecção tecnológica utilizou uma combinação de diferentes técnicas de prospecção, conforme os modelos apresentados. Uma metodologia fundamental para este trabalho é a de elaboração de cenários, por meio da qual foram identificados os cenários de longo prazo sobre as tecnologias de geração distribuída e a partir dos quais é possível avaliar os impactos para a distribuição de energia elétrica.

Primeiramente foram identificadas as principais variáveis que irão contribuir para o cenário de longo prazo previsto. Após a identificação das variáveis críticas dos cenários, estas foram estruturadas por meio da técnica de Análise e Estruturação de Modelos (AEM). As variáveis identificadas como importantes para a realização dos cenários foram: Produção Nacional de Gás Natural, Importação de Gás Natural, Projetos de Investimentos do Governo Federal/Estadual na infraestrutura de Energia Elétrica no Estado de São Paulo, Programas de Conservação de Energia Elétrica, Legislação Ambiental, Crescimento da População do Estado

de São Paulo, Deslocamento de Empresas na Área de Concessão, Disponibilidade e Preço do Gás Natural, Política do Setor de Energia Elétrica, Preços e Tarifas de Energia Elétrica, Crescimento da Demanda por Energia Elétrica, Escassez de Energia Elétrica, Políticas de Incentivos para o Desenvolvimento de Geração Distribuída, Gastos com Recursos Humanos para Geração Distribuída, Recursos Disponíveis para Investimentos em Geração Distribuída, Tecnologia Disponível para Geração Distribuída e Participação de Geração Distribuída na Matriz Energética.

As variáveis necessárias para tal estudo foram minuciosamente escolhidas, dadas as possibilidades de influenciarem a oferta e a demanda por energia elétrica. Para as variáveis quantitativas foram utilizadas séries históricas que não somente mostram o comportamento de cada variável ao longo do tempo (na sua grande maioria a década de 1990), mas também tais séries foram as fontes para se projetar o comportamento dessas variáveis para os 10 anos seguintes.

No caso de variáveis qualitativas se utilizou a técnica Delphi, na qual 78 especialistas do tema, profissionais locados em universidades, empresas do setor e governo, foram questionados sobre geração distribuída e buscou-se, com o uso da técnica, obter respostas sobre novas tendências relativas às questões abordadas nesse trabalho. As projeções Delphi foram feitas em três rodadas principais. Os dados levantados durante a primeira fase da pesquisa propiciaram a base para a elaboração do *feedback* aos especialistas e a elaboração e conclusão da segunda rodada do questionário.

Após a identificação das tendências futuras das variáveis, estas foram estruturadas com o intuito de elaborar uma matriz dos cenários, a partir da qual estão escritos os cenários futuros para 2016. A estruturação das variáveis foi feita por meio de análise morfológica.

A partir da matriz dos cenários foram elaborados os cenários de longo prazo, assim como cenários de transição. Estes cenários fornecem as informações para análise das tendências impactadas, com uma definição do perfil de impacto futuro das tecnologias disruptivas de geração distribuída sobre o segmento de distribuição de energia elétrica, considerando os eventos e extrapolações a partir de dados históricos.

3 ANÁLISE: O FUTURO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E SEUS IMPACTOS SOBRE O SETOR DE ENERGIA

As principais tecnologias disruptivas de GD consideradas neste trabalho são:

- **Micro CH:** Micro-Centrals Hidrelétricas são microturbinas hidráulicas com potência de até 1.000 kW, movidas pela energia potencial da água que, acopladas a um alternador, geram energia elétrica para o abastecimento localizado.
- **Pequenas Eólicas:** São pequenas turbinas aerogeradoras com potência de até 100 kW, movidas à força do vento e instaladas em locais específicos de presença pontual de correntes de vento.
- **Miniusina para Cogeração:** Equipamento de pequeno porte, acoplado a uma fonte primária de energia com potência de até 300 kW, no qual se gera simultaneamente Calor e Trabalho, sendo que este poderá ser aproveitado para geração de energia elétrica, enquanto o primeiro, através da recuperação do calor dos gases de escape, pode gerar, entre outros, água quente, vapor, calor de processo ou frio.
- **Microturbinas:** São pequenas turbinas com potência de até 500 kW que visam à geração de energia elétrica ou podem operar em minissistemas de cogeração. Podem utilizar diferentes combustíveis, mas principalmente o gás natural ou gás proveniente de aterro sanitário (biogás).
- **Geradores Diesel:** Conjunto de motor ciclo diesel acoplado a um alternador/gerador de

energia elétrica. O gerador diesel é normalmente utilizado em emergência, podendo também ser usado para suprimento total das cargas da unidade consumidora, para gestão de carga (*peak-shaving*) ou mesmo em sistemas de cogeração.

- **Térmica/Solar:** É o aquecimento da água (para uso residencial, comercial ou industrial) por meio da utilização de coletores solares, os quais funcionam de acordo com os princípios de transmissão de calor através dos materiais.
- **Fotovoltaica/Solar:** É a geração de energia elétrica através de painéis solares, formados por células solares. Células solares são dispositivos compostos de silício, que produzem uma corrente elétrica quando incididos pela luz solar.
- **Célula Combustível:** É uma tecnologia que utiliza o hidrogênio e o oxigênio para gerar eletricidade através de processos químicos. A célula combustível é, em geral, alimentada diretamente com hidrogênio, ou este é extraído de outros combustíveis fósseis (gás natural, gasolina ou álcool).

Os quatro cenários definidos neste trabalho são: cenário mais provável, onde deve haver uma crise de suprimento; cenário de crescimento do gás natural; cenário exploratório de matriz energética diversificada e, por fim, cenário desejado, com suprimento assegurado e sustentável. Os quatro cenários são detalhados a seguir.

A. Cenário Mais Provável – Crise de Suprimento

No cenário tido como o mais provável, a curto prazo, a produção nacional de gás natural não terá um aumento significativo, mantendo nos próximos anos uma produção que se aproxima da atual. Em termos quantitativos, estima-se que essa produção média esteja na ordem de $25,3 \times 10^9$ m³ neste cenário. No caso da importação de gás natural, as indefinições com os principais países exportadores continuarão existindo, o que desmotivará novos investimentos em infraestrutura para o aumento da capacidade de importação. Esse fato decorre principalmente da relação instável do Brasil com a Bolívia. A combinação dessas duas situações fará com que a disponibilidade de Gás Natural neste cenário seja baixa e os preços altos.

No que concerne às características político-institucionais que estarão presentes neste cenário, observamos que os projetos de investimentos dos governos Federal e Estadual na infraestrutura de energia elétrica em São Paulo se mostram insuficientes para garantir um bom atendimento da demanda projetada. No entanto, em uma crise de abastecimento, serão elaborados e implementados projetos emergenciais. No que se refere aos programas de conservação de Energia Elétrica (junto ao público e pelos próprios órgãos governamentais), não se prevê um papel ativo do governo com campanhas e incentivos para a redução do consumo de energia elétrica. A partir de 2009 seriam implementadas campanhas para melhor utilização de energia pelo governo, não apenas no âmbito do consumo residencial, mas principalmente em setores industriais. Por fim, veremos que a política do setor de Energia Elétrica não será suficiente para estimular investimentos adequados de infraestrutura, e não promoverá um esforço suficiente para uma melhor utilização da energia elétrica disponível. Além disso, a falta de definição de regras e o baixo *enforcement* desestimulam o investimento privado. Possivelmente atitudes corretivas só serão tomadas após a clara evidência de falta de energia.

A projeção das contas nacionais indica que o Produto Interno Bruto (PIB) neste cenário apresenta um crescimento a curto prazo, mas que seja insustentável a médio prazo, em decorrência do déficit de infraestrutura de oferta de energia. A projeção aproximada para este cenário apresenta uma média de crescimento no PIB de aproximadamente 3,7% ao ano.

Quanto à análise da demanda de energia elétrica, este cenário aponta que haverá um crescimento da demanda e alguns aspectos concernentes à legislação ambiental indicam que

não haverá mudanças para o período, mas isso não afetará o setor de energia elétrica a curto prazo. A conjunção desses fatores fará com que haja uma elevação substancial dos preços de energia elétrica a partir de 2008. Não obstante, fica claro que haverá escassez de energia elétrica, tendo por base essa configuração, entre os anos 2008 e 2009. O período correspondente a 2010-2015 será marcado por uma disponibilidade restrita de energia.

No que concerne às políticas de incentivo para o desenvolvimento de geração distribuída foi previsto que a curto prazo o governo focará os seus esforços na utilização de tecnologias convencionais, por exemplo, as termoeletricas. É possível, em decorrência da escassez e do aumento do preço de energia elétrica, que tenhamos a viabilização da produção de energia através de fontes não convencionais após 2009, especialmente com foco em tecnologias de retorno rápido.

Relacionada ainda às características de geração distribuída para o cenário em questão, prevê-se que os gastos com Recursos Humanos especializados em GD manter-se-ão constantes, sem um esforço especial do setor público.

Salientamos que após a realização de uma terceira rodada entre especialistas este cenário, juntamente com o cenário de “crescimento acentuado do gás natural”, foi indicado como o mais provável de ocorrer, com 48% de indicações. Com os desdobramentos que vêm acontecendo nos últimos meses, após a pesquisa, cada vez mais um cenário de problemas no fornecimento de gás se torna provável, com uma elevação do preço e investimentos para novos projetos a curto prazo se mostrando problemáticos. Mesmo com uma preocupação governamental focada na questão do gás, regiões do país com uma dependência maior terão possíveis problemas, como, por exemplo, o Estado de São Paulo, no Sudeste do país. Assim, neste cenário teríamos a participação mais reduzida da geração distribuída, que não passaria de 1,7% da matriz energética.

Na terceira rodada da pesquisa Delphi foi focado o cenário de crise, no qual Geradores a Diesel aparecem como a tecnologia mais relevante, com 30% de indicações. Em seguida surgem as Mini-usinas de Cogeração, com 19% das indicações. Tal resultado demonstra a priorização na rápida geração de energia no caso de escassez. Pelo mesmo motivo, Esgoto e Lixo aparecem como a terceira tecnologia de GD mais importante neste cenário, ressaltando-se, no caso do lixo, a possibilidade de geração de energia a partir de sua combustão ou do gás metano gerado em aterros sanitários, que se torna viável principalmente em grandes centros urbanos, como São Paulo e Campinas.

O biodiesel figura na quarta posição, com 14% de indicações. Para 2013, a meta projetada é de aproximadamente 5% de óleo diesel, o que fará a demanda saltar para um volume de 2,7 bilhões de litros por ano, considerando-se um crescimento anual de 1,6% nas vendas de Diesel.

Por último, em termos de impacto disruptivo, aparecem duas tecnologias pouco representativas neste cenário, Micro CH e Resíduos Agrícolas, com 8% e 6%, respectivamente.

B. Cenário Exploratório - Crescimento Acentuado do Gás Natural

Este cenário exploratório apresenta uma visão na qual novas jazidas de gás passam a ser exploradas plenamente, promovendo um aumento significativo da produção nacional que poderá atingir aproximadamente 3 milhões de m³ por ano entre 2010 e 2012. Paralelamente à produção nacional de gás, há definições de acordos que garantem a importação de gás natural de países vizinhos, como Bolívia e Venezuela. Esses acordos darão mais uma garantia para a expansão do uso de gás natural no país, não apenas como insumo para produção de calor, como também para a geração de energia elétrica, por meio de termoeletricas espalhadas por todo o país. Por sua vez, a grande disponibilidade do gás garante a manutenção de preços

relativamente baixos, reforçando a tendência para a ampliação do seu consumo, inclusive com a implementação de novas plantas industriais que têm o gás natural como principal insumo energético.

Os investimentos em infraestrutura de energia elétrica realizados no Estado de São Paulo, tanto pelo Governo Estadual quanto pelo Federal, se mostram pouco expressivos. A grande disponibilidade de gás e o afastamento de uma crise energética de curtíssimo prazo acabam impactando de forma negativa a formulação de outros projetos de GD e implementação de projetos existentes a curto prazo. Não obstante, não se verifica uma atuação coordenada do Governo em campanhas de incentivo à redução do consumo de energia.

A falta de investimentos na infraestrutura do setor de geração elétrica e a não-existência de programas de apoio ao uso eficiente da energia elétrica desestimulam investimentos adicionais do setor privado na área de infraestrutura energética alternativa em relação ao gás natural.

A economia cresce a taxas expressivamente maiores do que as atuais, com o crescimento do PIB de aproximadamente 4,07% no período que vai até o ano de 2012. Nos anos seguintes esse crescimento não se sustenta quanto à infra-estrutura em vários setores da economia, entre eles problemas especificamente do setor elétrico. Assim, verificamos nos anos posteriores a 2012 um crescimento econômico significativamente menor do que o ocorrido entre 2010 e 2012.

Outra questão portentosa refere-se ao deslocamento de empresas da área de concessão da Eletropaulo para outras regiões do país. A tendência a longo prazo é que na região da Grande São Paulo o setor de serviços cresça acentuadamente acima da média de crescimento de outros setores, principalmente o industrial. Portanto, teremos uma mudança do perfil das empresas atuantes na região, entretanto, neste cenário, esta transformação ocorre de modo extremamente marginal, logo, não temos nenhuma mudança significativa no perfil de atuação e consequentemente de utilização de energia elétrica pelas empresas.

Por outro lado, o crescimento da população na região metropolitana de São Paulo segue a tendência histórica dos últimos 10 anos. Não se verifica nesse cenário nenhuma expressiva alteração na legislação ambiental, nem na atuação dos principais agentes que fiscalizam o seu cumprimento.

Assim, aproveita-se nesse cenário um crescimento da demanda de energia elétrica acima da média de crescimento dos últimos 3 anos na região, mas considerando-se o incremento tanto de oferta quanto de demanda de energia elétrica projeta-se a manutenção dos preços em patamares relativamente baixos.

As inter-relações entre essas variáveis do cenário indicam uma possível escassez de energia, que ocorreria entre os anos de 2010 e 2012. Tal escassez viabiliza contratos flexíveis de aquisição do combustível, incluindo estímulos à concorrência entre um maior número de supridores. Nesse cenário, há uma política de incentivos para o desenvolvimento de geração distribuída que, a partir de 2013, passa a ter um papel significativo no setor energético brasileiro.

Os gastos com transação de recursos humanos para atuar em geração distribuída crescem a partir de 2013. Nesse cenário, a tecnologia prioritária para GD não passará de 2,8% do consumo, focalizando prioritariamente: Mini-usinas de Cogeração; Geradores Diesel; Micro CH; Resíduos Agrícolas; e Biodiesel.

C. Cenário Exploratório - Matriz Energética Diversificada

No cenário de matriz energética diversificada observa-se um pequeno aumento na produção nacional de gás natural. Os projetos de investimento existentes do Governo Estadual e Federal na infraestrutura de energia elétrica no Estado de São Paulo são implementados ao longo do período, dando a garantia de um melhor atendimento aos consumidores de energia

elétrica. Isso, aliado a campanhas publicitárias junto ao público para conservação de energia, garante um crescimento do consumo condizente às possibilidades de atendimento do sistema. Assim, a política setorial se mostra eficaz, com regras claras para todos os agentes, o que contribui para que a iniciativa privada desenvolva novos investimentos no setor energético. Esta oferta de energia será completada pela manutenção do fornecimento do gás natural, principalmente proveniente da Bolívia, que atende às empresas que utilizam o gás como suprimento de energia. Assim, temos a disponibilidade mínima assegurada para o consumo interno com preços estáveis ao longo dos próximos 9 anos.

O bom desempenho do setor energético dá suporte para um crescimento do PIB no período que poderá chegar a taxas de 4,18% ao ano. O diferencial deste cenário é que não há nenhum sobressalto que leve ao resfriamento da economia por motivos advindos de gargalos no setor energético.

Como em todos os cenários, a população cresce acompanhando as tendências dos últimos 10 anos. Há uma mudança do perfil dos principais consumidores de energia na área de concessão da Eletropaulo, com uma diversificação maior das empresas atuantes na região, levando a uma redução da participação do setor industrial em relação aos setores de comércio e serviços no consumo de energia elétrica. Assim, verifica-se apenas um moderado aumento na demanda de energia elétrica na região. Uma consequência está na manutenção dos preços de energia elétrica em patamares relativamente baixos.

No âmbito da legislação ambiental há uma intensificação de políticas de proteção ambiental restritivas aos projetos de energia elétrica tradicionais. Essas limitações impactam diretamente o setor levando-o a se diversificar quanto ao uso de fontes alternativas de produção.

Dessa forma, a escassez de energia elétrica só aparece neste cenário como uma possibilidade mais forte entre os anos de 2013 e 2015.

Verifica-se um esforço de planejamento integrado de recursos e ampliação de exigências ambientais sobre as prefeituras no tratamento e gestão dos resíduos sólidos, associados à implementação de um marco regulatório amplo, capaz de articular a gestão de resíduos urbanos, a gestão de cidades e a geração de energia. Neste cenário temos o desenvolvimento de uma cultura de capacitação de recursos humanos que dá suporte à implantação das diversas tecnologias de geração distribuída, minimizando gargalos em relação à mão de obra para esta finalidade.

No que concerne à tecnologia, haverá, neste cenário, um aumento de linhas de crédito governamentais para fomento ao setor, com uma considerável parte desses recursos que poderá ser convertida para pesquisa e desenvolvimento voltados a tecnologias de GD e uso eficiente de energia. As tecnologias para geração distribuída possuirão a seguinte ordem de prioridade: Utilização de Resíduos Agrícolas; Mini-usina de Cogeração; Geradores Diesel; Geração a partir de Esgoto/Lixo; e Biodiesel.

Assim, a participação da geração distribuída na matriz energética brasileira poderá chegar a 6,5%, com um forte crescimento na sua utilização.

D. Cenário Desejado – Suprimento Assegurado e Sustentável

Neste cenário de Suprimento Assegurado e Sustentável haverá um pequeno aumento na produção nacional de gás natural. Não obstante, as principais indefinições com a Bolívia, principal fornecedor de GN para o Brasil, serão resolvidas a curtíssimo prazo, o que garantirá o fornecimento desse recurso nos próximos 10 anos. Dessa forma, haverá disponibilidade assegurada de GN para as necessidades existentes e futuras, a preços razoavelmente estáveis e previsíveis.

No que concerne aos projetos de investimentos dos Governos Federal e Estadual em

energia elétrica em São Paulo, haverá uma combinação de estímulos à oferta e à redução no consumo e melhor utilização final de energia. As políticas do setor de Energia Elétrica evidenciam que o governo pauta sua iniciativa na definição de regras claras, de modo a apoiar um aumento no investimento do setor privado em infraestrutura de geração.

O ambiente macroeconômico indica um produto interno bruto que terá um crescimento moderado, em patamares que acompanham o crescimento mundial dos últimos três anos. A média do período correspondente ao cenário é projetada em um crescimento de 4,18%.

A análise indica que haverá uma diversificação dos tipos de empresas que atuam na área de concessão da Eletropaulo, com uma leve redução da participação do setor industrial em virtude das políticas de desconcentração industrial e proteção ambiental na região metropolitana. Nota-se também que haverá neste cenário um crescimento moderado da demanda por energia elétrica e que a legislação ambiental terá como base a adoção de uma política que busca estimular a conservação e resguardar os recursos ambientais de forma sustentável. Associados a essa política, os preços e as tarifas de Energia Elétrica terão uma elevação moderada, e não se prevê crise de suprimento de energia até 2013. Para este cenário, estima-se que a participação de GD na Matriz Energética será na ordem de 4,0% no final do período analisado.

A partir da análise dos cenários foi possível identificar algumas perspectivas para a geração de energia distribuída, considerando as principais tecnologias, conforme detalhado a seguir:

- **Geradores Diesel:** Mesmo com o amplo domínio sobre a tecnologia, esta vem sofrendo aperfeiçoamentos constantes, especialmente dirigidos para o seu uso como GD, operando em cogeração e usando gás natural, biodiesel e/ou gases pobres, como os do lixo.
- **Tecnologia para a obtenção de Biodiesel:** A evolução tecnológica nos últimos anos mostra tendências para a adoção da transesterificação com metanol e etanol como processo principal para o uso em mistura com o diesel, o que se justifica pela possibilidade de introdução na frota atual de veículos automotivos, sem nenhuma modificação nos motores. A diversidade de matérias-primas, processos e usos é uma grande vantagem, mas cada caso precisa ser analisado separadamente.
- **Geração Fotovoltaica:** Os custos desta modalidade encontram-se em franco decréscimo. Esta tecnologia vem sendo usada em sistemas do tipo *off-grid* e já estão acontecendo aplicações de *peak-shaving*. Logo, a sua participação como GD será expressiva em regiões de alta insolação. Temos ainda que o seu uso exige a presença de um suporte, normalmente baterias, a fim de manter a oferta de energia em períodos de baixa ou nenhuma insolação.
- **Cogeração:** Eis uma tecnologia amplamente dominada e que compete, com vantagens, com a geração central de gás natural em razão de sua elevada eficiência; na verdade, esta elevada eficiência é uma decorrência da possibilidade de aproveitar de 80% a 90% do calor compulsoriamente presente em determinados processos industriais para a geração de eletricidade.
- **Microturbinas:** Atualmente são equipamentos com uma alta confiabilidade, com tecnologia dominada por diversos fabricantes. Já são competitivas (com preços variando de US\$ 800,00 a US\$ 1.000,00 por kW) para condições especiais de GD. Na medida em que as suas vendas vêm crescendo, os custos de fabricação apresentam uma tendência decrescente de efeitos de aprendizagem e economias de escala.
- **Células Combustíveis:** A sua tecnologia já é comercializada, embora ainda com custos elevados; entretanto, poderá ocasionar um substancial impacto tecnológico, pois permitirá, em decorrência de sua flexibilidade e dimensão, uma ampla disseminação, com custos decrescentes. Diversos fabricantes já anunciam a entrega de unidades de pequeno porte

visando sua operação em residências e condomínios.

- **Eólico:** Se integradas a outras soluções para garantir a continuidade de fornecimento, as usinas eólicas podem desempenhar um papel de GD. Denota-se que o seu uso exige a presença de um suporte, normalmente grupos geradores, para manter a oferta de energia em períodos de calma ou de pequena presença de ventos. Pequenas turbinas de vento designadas para aplicações residenciais e rurais possuem uma participação inexpressiva no mercado e a sua relação custo-benefício ainda inviabiliza a sua expansão.
- **Tecnologia para Biomassa** (aproveitamento do esgoto/lixo e resíduos agrícolas): Geradores elétricos usam a biomassa como combustível, geralmente misturado com outros tipos de combustíveis fósseis. O uso mais comum da biomassa é no aquecimento de um *boiler* convencional. Outro tipo de aplicação é a gaseificação da biomassa, em que o produto seria usado no lugar do gás natural. Além disso, a biomassa pode gerar benefícios ambientais. A atratividade financeira da biomassa depende de fatores logísticos e do custo de obtenção dos materiais orgânicos.

3.1 ESTRUTURA DE CUSTOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Além de analisar os cenários para GD e as principais tecnologias e tendências, também é fundamental uma análise sobre os custos de aquisição e de instalação de uma unidade de geração, pois variam de modo abrupto, dependendo da tecnologia, capacidade e de outros fatores. Estimativas indicam que o custo de capital instalado típico da geração distribuída pode variar entre US\$ 1.000,00 por kW, no caso de uma turbina de combustão, até US\$ 7.000,00 por kW, no caso da tecnologia fotovoltaica solar. Salienta-se que as tecnologias de menor capacidade, aquelas que usam combustão interna, possuem os mais baixos custos de capital e os mais altos custos operacionais. Observa-se uma tendência de queda nos custos das tecnologias mais eficientes, como as microturbinas e as células combustíveis.

	Capac. (kW)	Custo de Capital (\$/kW)	Custo do combustível (\$/kWh)	Custo de operação e manutenção (\$/kWh)
Microturbina	100	1485	0,075	0,015
Microturbina – cogeração	100	1765	0,035	0,015
Gás	100	1030	0,067	0,018
Gás – cogeração	100	1491	0,027	0,018
Célula combustível	200	3674	0,029	0,01
Fotovoltaica	100	6675	0	0,005
Pequena eólica	10	3866	0	0,005
Grande eólica	1000	1500	0	0,005
Geradores Diesel	10000	715	0,067	0,006
Ger. Diesel – cogeração	10000	921	0,032	0,006

Quadro 1 - Comparativo entre as tecnologias de GD

Fonte: Congress of the United States. 2003

Os custos de capital e os custos operacionais de certas tecnologias de geração distribuída caíram de modo significativo nos últimos anos e a tendência é que esse tipo de queda continue. Especificamente no caso dos sistemas fotovoltaicos, observa-se uma queda significativa de seus custos, conforme pode ser verificado no Gráfico.

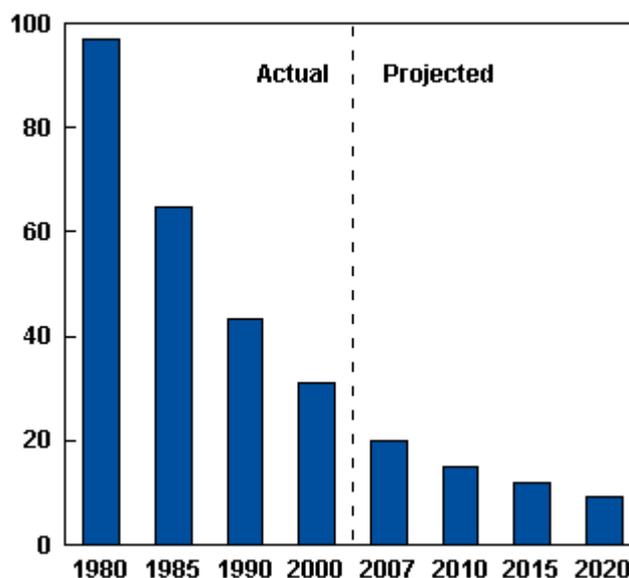


Gráfico 1 - Custo da eletricidade por sistema fotovoltaico solar de 1980 até 2020 (em centavos de dólar por kWh).

Fonte: Congress of the United States (2003).

3.1 EFEITOS DE MAIOR VISIBILIDADE

O fator mais evidente e de mais fácil quantificação refere-se às perdas técnicas na transmissão e na distribuição, hoje, em média, da ordem de 9,7%. Como essas perdas no horário de ponta são cerca de 50% maiores, conclui-se que uma unidade de GD, que opere durante o horário de ponta, iguala-se a uma unidade de geração central da ordem de 14% maior.

Com base na análise exploratória de países onde a GD já foi implementada, podemos verificar que os efeitos generalizados de sua presença promovem vantagens relevantes, desde que a GD possa se disseminar. Logo, globalmente falando, a GD permitirá estabilizar a curva de carga diária. Não obstante, fornecerá uma espécie de ancoragem à sua rede, pois gerará uma reserva descentralizada quente em condições de melhorar a qualidade do serviço. Reduzirão as aquisições de energia no atacado, aquisições estas portadoras de custos crescentes. Por fim, irá prestar serviços auxiliares, que hoje são previstos legalmente.

No que concerne aos efeitos na comercialização de energia, temos que a GD poderá abrir perspectivas de negócios atrativas para os comerciantes. Contudo, denota-se que tais perspectivas não são passíveis de uma avaliação quantitativa. Dessa forma, admite-se a materialização de um aumento das alternativas de intermediação para a colocação de excedentes exportáveis junto a consumidores livres e junto às distribuidoras e, também, para a contratação de *backup*. Além disso, admite-se o controle da reserva descentralizada visando à prestação de serviços auxiliares. E, por fim, admite-se a possibilidade de oferta de novos serviços com a melhoria de qualidade do atendimento para clientes especiais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificamos que o posicionamento das organizações do setor de energia deverá se conformar aos diversos cenários futuros projetados. As empresas deverão acompanhar as alterações no setor energético, juntamente com as modificações no ambiente macroeconômico e institucional, para adaptarem suas estratégias ao cenário do mundo real.

Obviamente, não se espera na elaboração de cenários a previsão exata do futuro, mas

um meio de ressaltar aspectos fundamentais que orientem as empresas em suas decisões. Observamos que ao longo de cada um dos cenários as possibilidades de ações das organizações são diversas. Temos cenários em que um erro na estratégia poderá significar perda de clientes, já em outros não existem grandes pressões exógenas que afetarão diretamente aspectos rentáveis e organizacionais da empresa.

A análise do trabalho nos permite inferir que, com o menor tempo de implantação de um determinado tipo de tecnologia de GD, será possível decidir a contratação de capacidade de geração mais próxima ao momento em que será necessário atender uma determinada demanda de energia. Sendo assim, com o advento da geração distribuída, será possível mitigar eventuais efeitos da incerteza da demanda. Como consequência da menor incerteza na demanda, a introdução da geração distribuída tende a tornar o sistema mais eficiente.

Dessa forma, o aumento da confiabilidade e da eficiência do sistema com a introdução da geração distribuída se reflete em menores tarifas, tanto em termos médios como em termos máximos. Não obstante, os benefícios proporcionados pela geração distribuída no sistema podem ser traduzidos em menores preços, em comparação às outras opções de expansão. Assim, faz-se necessário avaliar detalhadamente os benefícios para o sistema que serão proporcionados pela geração distribuída, para os diversos tipos de GD.

Este trabalho aplicou diferentes métodos de previsão tecnológica para identificar os cenários e tendências futuras para a geração distribuída e seus impactos sobre o setor de energia. A partir destes resultados, as empresas do setor, assim como organizações interessadas, podem melhorar a qualidade de suas decisões e estratégias, ao tomarem conhecimento de informações sobre o futuro. O objetivo destas previsões não é acertar o futuro das variáveis envolvidas nas estratégias, mas promover uma reflexão sobre os futuros possíveis e as estratégias robustas para as empresas se manterem competitivas em ambientes de mudanças constantes.

Por fim, vale ressaltar que esse estudo foi realizado em momento anterior à questão de disputa do gás natural entre Petrobrás e Bolívia e antes do problema de produção de gás que o país está enfrentando atualmente, bem como anterior à descoberta de novos pontos de exploração de petróleo no Rio de Janeiro. Nesse ambiente atual, apesar do acordo Brasil-Bolívia, a questão de produção preocupa quando vemos que em 2007 a Bolívia não conseguia honrar com a exportação de 7,7 milhões de metros cúbicos de gás para a Argentina, enviando um pouco mais de 3 milhões de metros cúbicos, conforme aponta Maisonnave (2007). Por outro lado, os principais reservatórios de água cuja energia abastece o Sudeste brasileiro alcançaram o menor nível em cinco anos, levando a ONS a colocar todas as termelétricas em funcionamento, visando evitar o apagão elétrico no decorrer do ano de 2008 (TROVO, 2008). Nesse sentido pode-se dizer que há indícios que já estamos caminhando em direção ao cenário de Crise de Suprimento.

REFERÊNCIAS

- AMARA, R. What we have learned about forecasting and planning. **Futures**, Chicago, v. 20, n. 4, p. 384-401, Aug. 1988.
- BOWER, J. L.; CHRISTENSEN, C. M. Disruptive technologies: catching the wave. **Harvard Business Review**, Boston, v. 73, n. 1, p. 43-53, Jan./Feb. 1995.
- COATES, J. F.; MAHAFFIE, J. B.; HINES, A. Technological forecasting: 1970-1993. **Technological Forecasting and Social Change**, New York, v. 47, n. 1, p.23-33, 1994.
- CHRISTENSEN, C. M.; BOWER, J. L. Disruptive technologies: catching the wave. **Harvard**

Business Review, Boston, v. 73, n. 1, p. 43-53, Jan./Feb. 1995.

CONGRESS OF THE UNITED STATES. **Prospects for distributed electricity generation**. Washington: Congressional Budget Office, 2003.

ESTES, G. M.; KUESPERT, D. Delphi in industrial forecasting. **Chemical and Engineering News**, Columbus, v. 54, p. 40-47, Aug. 1976.

GODET, M. **Manual de prospectiva estratégica: da antecipação à ação**. Lisboa: Dom Quixote, 1993.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Pesquisa geral no site**. Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp>. Acesso em: 12 jun. 2008.

KOSTOFF, R. N.; BOYLAN, R.; SIMONS, G. R. Disruptive technology roadmaps. **Technological Forecasting and Social Change**, New York, v. 71, n. 1-2, p. 141-159, Jan./Feb. 2004.

MAISONNAVE, F. Crise não impôs volta à Bolívia, diz Perobrás. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 7 nov. 2007. Caderno Dinheiro.

MARTINO, J. P. **Technological forecasting for decision making**. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1993.

MASON, D. H. Scenario-based planning: decision model for the learning organization. **Planning Review**, Oxford, v. 22, n. 2, p. 6-11, Mar./Apr. 1994.

PORTER, A. et al. **Forecasting and management of technology**. New York: John Wiley & Sons, 1991.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

RINGLAND, G. **Scenario planning: managing for the future**. New York: Willey, 1998.

SCHOMAKER, P. J. H. Scenario planning: a tool for strategic thinking. **Sloan Management Review**, Cambridge, v. 36, n. 2, p. 25-40, 1995.

TROVO, L. Reservatórios do Sudeste apresentam o menos nível em 5 anos. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 11 fev. 2008.

TUROFF, M.; LINSTONE, H. A. **The Delphi method**. New York: Addison Wesley, 1975.

VICHAS, R. P. **Complete handbook of profitable marketing research techniques**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1982.

WRIGHT, J. T. C. A técnica Delphi: uma ferramenta útil para o planejamento do Brasil? In: ENCONTRO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO EMPRESARIAL, 3., São Paulo, 1985. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Planejamento Empresarial, 1985. p. 199-207.

WRIGHT, J. T. C. **Contribuição à técnica de análise e estruturação de modelos (ISM) para o planejamento em grupo: uma abordagem de inferência lógica**. 1991. 204 f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. A política industrial e a estratégia da nação. In: FLEURY, M. T.; FLEURY, A. (Orgs.). **Política Industrial 2**. São Paulo. Publifolha, 2004. p. 45-66.

_____. Delphi: – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 12, p. 54-65, 2000.

WRIGHT, J. T. C.; SPERS, R. G. O país no futuro: aspectos metodológicos e cenários. In: **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 20, n. 56, p. 13-28, 2006.

DISRUPTIVE TECHNOLOGIES FOR DISTRIBUTED GENERATION AND THEIR FUTURE IMPACT ON ENERGY UTILITIES

Abstract

This paper develops a forecast of the future impact of disruptive technologies for distributed generation on the distribution of electric energy, with use of scenarios. Distributed generation (DG) is defined by the power generation technologies for which production is intended primarily to serve local loads, and disruptive technologies are considered those that, in general, cannot be easily evaluated by a dominant company, but when it is discovered by consumers, the firm changes the initial characteristics of the market and are rapidly incorporated by new consumers and producers. To accomplish the paper, it was used a methodology for the elaboration of scenarios from the use of combined techniques such as Delphi, quantitative extrapolation of data, Analysis and Structuring of Models (AEM) and evaluation of impacts. The results indicate that, with the advent of distributed generation, it will be possible to mitigate any eventual effects of uncertainty on the demand for energy. Thus, as a consequence of less uncertainty in supply, the introduction of distributed generation can contribute with the reliability and efficiency of the system more.

Keywords: Disruptive technologies, distributed generation, scenarios.

Data do recebimento do artigo: 14/02/2009

Data do aceite de publicação: 05/03/2009