

Déficit de Energia Elétrica ante Cenários de Crescimento Econômico e o Potencial de Energia Eólica no Ceará

Diego Alfonso Ribeiro Francelino
Mestre em Economia CAEN/UFC
Email: diegofrancelino@hotmail.com

Ronaldo de Albuquerque e Arraes
Professor CAEN/UFC
Email: ronald@ifc.br
Fone: (85) 3366-7751

Déficit de Energia Elétrica ante Cenários de Crescimento Econômico e o Potencial de Energia Eólica no Ceará

Resumo

O trabalho orienta-se pela investigação de variáveis significativas relacionadas ao consumo de energia elétrica e ao crescimento econômico, desenvolvendo simulações que permitam analisar a ocorrência de déficit de energia, suprida, particularmente, pela energia eólica. Discute o processo de estruturação do mercado brasileiro de energia elétrica e analisa as relações entre oferta e demanda no estado do Ceará, escolha esta recaída neste estudo de caso em virtude de seu potencial eólico. Expõe através de estudos e dados a liderança potencial detida por esse estado na geração de energia eólica, e apresenta ferramentas de incremento financeiro através da inserção dos projetos eólicos no mercado de emissões. O estudo propõe modelos econométricos e simulações de previsões que permitem analisar o comportamento da demanda de energia elétrica, bem como o potencial energético necessário ante cenários de crescimento econômico, e a possibilidade do diferencial ser suprido por energia eólica.

Palavras-chave: Crescimento Econômico, Consumo de Energia, Previsões, Energia Eólica.

Abstract

This work is guided by the research of significant variables related to energy consumption and economic growth, by developing simulations for analyzing the occurrence of an energy deficit, supplied, particularly for aeolian energy. It is discussed the process of structuring the market power and examines the relationship between supply and demand in the state of Ceará, which was chosen in this case study because of its aeolian energy potential. The study proposes econometric models and simulations that allow forecasts to analyze the behavior of electricity demand and the potential energy needed before economic growth scenarios, and the possibility that the differential be supplied by aeolian power.

Keywords: Economic Growth, Energy Consumption, Forecasts, Aeolian Energy.

JEL: Q21; Q41; Q42

1. Introdução

A ciência é constantemente desafiada por inovações e necessidades que terão de serem supridas em um curto prazo, a um baixo custo, com alta eficiência e, com pouco, ou nenhum dano ao meio ambiente e aos seres humanos. As pesquisas realizadas são guiadas por um horizonte de possibilidades técnicas e de viabilidade econômica.

O desenvolvimento industrial foi acompanhado de revoluções tecnológicas e de mudanças no dia-a-dia das sociedades. Estabeleceu-se, assim, um ciclo de indeterminação sobre se são os clientes ou os industriais quem dão o “*input*” de informações e necessidades. A tecnologia nos provou que pode ser capaz de transformar um simples produto eletrônico em um item imprescindível no dia-a-dia das atividades profissionais e pessoais de boa parte da população mundial.

Os diversos estágios do conhecimento científico e dos domínios tecnológicos permitiram que diferentes fontes energéticas fossem utilizadas ao longo da evolução das sociedades através de variadas tecnologias de conversão. Neste contexto, o uso dos

recursos energéticos foi, e segue sendo, um fator ímpar no processo de suprimento das demandas postas pelas sociedades nos distintos momentos históricos.

A energia elétrica é o combustível para o crescimento econômico de qualquer nação e as fontes para a sua geração. Na maioria das vezes é encontrado em recursos da própria natureza, fator preponderante para que exista cautela na exploração, a fim de que os recursos não se exauram e que as próximas gerações também possam usufruir desta disponibilidade. Neste sentido, cabe registrar a observação de Holanda (2006, p.5): “O Brasil, pela abundância de seus recursos naturais renováveis e da riqueza de sua biomassa, pode e deve ter uma matriz energética diversificada. A energia de origem fóssil (petróleo, carvão, gás) responsável pela deterioração ambiental do planeta, deve ser substituída com urgência por energia limpas como: solar, eólica e da biomassa”.

Na busca por fontes alternativas de energia, os países desenvolvidos têm demonstrado sua estratégia de planejamento futuro. Em 1991, a Associação Européia de Energia Eólica estabeleceu como metas a instalação de 4.000 MW de energia eólica na Europa até o ano 2000 e 11.500 MW até o ano 2005. Essas e outras metas estão sendo cumpridas muito antes do esperado (4.000 MW em 1996, 11.500 MW em 2001). As metas atuais são de 40.000 MW na Europa até 2010. Nos Estados Unidos, o parque eólico existente é da ordem de 4.600 MW instalados e com um crescimento anual em torno de 10%. Estima-se que em 2020 o mundo terá 12% da energia gerada pelo vento, com uma capacidade instalada de mais de 1.200GW. Recentes desenvolvimentos tecnológicos (sistemas avançados de transmissão, melhor aerodinâmica, estratégias de controle e operação das turbinas etc.) têm reduzido custos e melhorado o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos. O custo dos equipamentos, que era um dos principais entraves ao aproveitamento comercial da energia eólica, reduziu-se significativamente nas últimas duas décadas. Projetos eólicos em 2002, utilizando modernas turbinas eólicas em condições favoráveis, apresentaram custos na ordem de €820/kW instalado e produção de energia a €0,04/kWh. (WINDPOWER; EWEA; GREENPEACE,2003; WINDFORCE,2003 apud ANEEL).

Para a ANEEL (Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2005), a geração de energia elétrica por meio de turbinas eólicas constitui uma alternativa para diversos níveis de demanda. As pequenas centrais podem suprir pequenas localidades distantes da rede, contribuindo para o processo de universalização do atendimento. Quanto às centrais de grande porte, estas têm potencial para atender uma significativa parcela do Sistema Interligado Nacional (SIN) com importantes ganhos, contribuindo para a redução da emissão, pelas usinas térmicas, de poluentes atmosféricos; diminuindo a necessidade da construção de grandes reservatórios; e reduzindo o risco gerado pela sazonalidade hidrológica, à luz da complementaridade citada anteriormente.

Constitui foco central deste trabalho analisar a realidade do setor elétrico brasileiro no que diz respeito à inserção de fontes alternativas de energia na geração de energia elétrica para suprir déficits futuros advindos do crescimento econômico. Para tanto, será feito um estudo de caso tomando o estado do Ceará como referencial, onde será analisado o balanço entre oferta e demanda de energia elétrica. A partir daí, propor, como resultado do possível incremento necessário para suprir o crescimento da economia nos próximos anos, a utilização de fontes alternativas de energia, evidenciando a energia eólica, face ao imenso potencial encontrado no estado, bem como a sua adequação na preservação ambiental. A escolha por esse espaço geográfico para análise se deve ao fato de, além da dificuldade de obtenção de dados em uma amostra mais ampla, ser o potencial de recurso eólico aproveitável para geração elétrica uma riqueza natural abundante e inesgotável nesse estado. Este potencial poderá ser aproveitado gradualmente, nos limites técnicos de inserção da capacidade eólica no sistema elétrico nacional.

Nos países em desenvolvimento, conversores eólicos, caracterizados por um baixo impacto no meio ambiente, podem exercer um grande papel na construção de sistemas energéticos com baixas emissões de carbono. Visando o levantamento de tal potencial, estudo foi realizado para o litoral dos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, os quais são responsáveis por cerca de 68% das potências dos parques eólicos autorizados pela ANEEL no Brasil.

Pretende-se, ao final, ter contribuído para melhor se compreender algumas questões norteadoras associadas à utilização da energia eólica na geração de energia elétrica, tais como: Existirá déficit de energia elétrica no futuro frente ao crescimento econômico?. Caso sim, existe potencial eólico disponível para suprir esta demanda futura com a implantação de parques eólicos? Em que magnitude?.

Tem-se, portanto, como objetivo central deste trabalho desenvolver um modelo empírico de previsão onde se busca comprovar a necessidade de aumento da oferta de energia elétrica no futuro. Antes, porém, é descrito na próxima seção as possíveis fontes da crise energética brasileira, conectada com a crescente necessidade de oferta de energia vis a vis o crescimento econômico. Em seguida são feitas descrições da abordagem metodológica e os resultados empíricos decorrentes. As conclusões finalizam o artigo.

2. Crise Energética e Crescimento Econômico

2.1 Crise na Oferta de Energia

De acordo com Pires; Giambiagi; Sales (2002), as raízes da crise de oferta de energia elétrica estão inter-relacionadas com quatro motivos principais:

- esgotamento do modelo estatal, responsável pela expansão do setor desde os anos 1960; Esse modelo constituiu a terceira fase no histórico dos modelos elétricos brasileiro, onde o Estado atua como poder concedente e as concessionárias são as empresas estatais.

- falhas no planejamento da transição do modelo estatal para o modelo privado;
- problemas contratuais e regulatórios;
- falta de coordenação entre os órgãos governamentais.

Em junho de 2001 foi criado o Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico com a missão de corrigir disfuncionalidades e propor aperfeiçoamentos que favoreçam a expansão da oferta de energia elétrica.

Uma das principais realizações do Comitê foi o acordo geral do setor, concretizado em dezembro de 2001, através da recomposição tarifária extraordinária e o financiamento do BNDES de modo a evitar um choque tarifário nos próximos anos. É necessário considerar ainda alguns dos fatores que se interpunham à expansão do SEB no modelo estatal, ainda não foram suplantados na transição para o modelo regulatório. São eles:

- viabilizar as bases necessárias para um financiamento de longo prazo capaz de promover a expansão do setor, principalmente, dos sistemas de geração e transmissão;
- garantir o cumprimento dos contratos, o equilíbrio econômico-financeiro e tarifas que incentivem a participação de novos agentes preocupados quanto aos riscos de retorno do investimento.

Conforme colocado por Pires; Giambiagi, Sales (2002) tanto a volta ao modelo estatal como a venda dos ativos federais no curto e médio prazos são inviáveis. Portanto, existem dificuldades e desafios para o funcionamento e financiamento de novos projetos diante de um cenário de um modelo misto competitivo no setor elétrico brasileiro.

Sem dúvida, o grande desafio para os próximos anos será evitar o ocorrido no período 1934/64, quando a indefinição de regras regulatórias adequadas para a transição privada-estatal impediu que a demanda crescente de energia fosse suficientemente atendida por novos projetos de geração de eletricidade.

O modelo energético no Brasil para o futuro terá como base a diversificação das suas fontes de energia. A idéia é não depender somente de um tipo de fonte, bem como atrair investimentos de várias empresas especializadas, estimulando a concorrência entre elas e quem sabe desenvolver dentro deste imenso território brasileiro as potências naturais de cada região.

2.2 Crescimento Econômico

O crescimento econômico de qualquer país é explicado através de uma função de produção que depende de insumos básicos, dentre os quais devem, necessariamente, constar trabalho e capital. Estudos empíricos para o Brasil têm demonstrado a dificuldade em se obter informações confiáveis sobre a medida do insumo capital. Em vista disso, a literatura apresenta uma vasta lista de referências que utilizam o consumo de energia elétrica como *proxy* para o capital, a exemplo de Feu (2004), Ferreira et al (2005), Nakabashi e Felipe (2007).

Portanto, há uma correlação nítida, bastante generalizada, entre a evolução da produção global, medida pelo PIB, e o correspondente consumo global de energia. Cumpre registrar que não são precisas as comparações internacionais, em termos da relação entre a quantidade de energia e o PIB, tendo em vista que, além das dificuldades da avaliação de equivalências energéticas, introduzem-se taxas de conversão de moedas e índices de preços internos quase sempre discutíveis. As tendências dessa relação são, porém, ilustrativas, desde que tomadas como indícios de ordem de grandeza. Elas mostram que desde 1970 a intensidade do consumo energético no PIB reduziu-se continuamente. Apesar da desaceleração de seu crescimento econômico, a partir de 1980, o Brasil foi um dos países que menos reduziram a intensidade do consumo de energia, em virtude do seu estágio de desenvolvimento (LEITE, 1997).

Nesse sentido, cabe registrar também uma distinção entre os países em desenvolvimento e os industrializados. Estes últimos passaram por todas as fases de inovação tecnológica e do emprego da energia, mantendo, durante longo tempo, estreita relação entre o crescimento do produto interno de bens e serviços e o consumo de energia. A partir de certo estágio de industrialização e do nível de renda da população, estando plenamente atendidas as necessidades fundamentais, o consumo de energia passou a crescer mais lentamente que o PIB, não havendo, no entanto, evidência de um padrão uniforme de comportamento. A crise do petróleo dos anos 70 os alcançou, portanto, quando já não era tão forte a pressão por mais recursos energéticos. (LEITE, 1997)

Ao contrário, nos países em desenvolvimento como o Brasil, que ainda não atendeu das necessidades elementares de grande parte de sua população, o crescimento da demanda de energia tende a permanecer elevado. Dentre os países em desenvolvimento há ainda uma variedade de situações específicas, que resultaram das respectivas políticas de industrialização e de energia.

3. Metodologia

O estudo do comportamento para o consumo de energia elétrica no estado do Ceará entre 1985 e 2004 busca explicitar e prever a necessidade de oferta de energia em resposta ao crescimento econômico. Para tanto, foram selecionadas as seguintes variáveis para explicar tais necessidades: Produto Interno Bruto do estado do Ceará (PIBCE), Tarifa Média de Energia Elétrica Nacional (TRF), número de Domicílios *per capita* do estado do Ceará (DOMPC) e uma variável *dummy* que visa captar o efeito de mudanças estruturais

ocorridas na série de dados. De posse destas variáveis, foram estimados três modelos econométricos base a serem discutidos adiante.

Para uma melhor apresentação dos dados dividir-se-á esta seção em dois segmentos, onde no primeiro discute-se a base de dados e, em seguida, os modelos e suas previsões.

3.1 Base de Dados

As informações relativas às variáveis utilizadas no estudo foram obtidas através da consulta de vários órgãos de esfera nacional e regional, tais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o Instituto de Pesquisa Econômica – IPEA, Fundação Getúlio Vargas – FGV, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE e da Companhia Energética do Estado do Ceará – COELCE.

Como citado, todos os dados utilizados foram retirados de fontes oficiais e referem-se a valores reais. Pela impossibilidade de coleta de algumas informações, muitas vezes inadequadas pela natureza do estudo e também por não adequação aos parâmetros requeridos neste estudo, trabalhou-se com o período de 1985 a 2004. Os dados que contém valores monetários foram atualizados para valores em reais de 2004 considerando a inflação do IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas. O PIB do Ceará foi deflacionado para valores de 2004 pelo deflator implícito do PIB.

Para um melhor detalhamento da importância de cada variável escolhida para compor o estudo, seguem abaixo suas características e particularidades.

Produto Interno Bruto: Historicamente, a evolução do consumo de energia elétrica está diretamente relacionada com o crescimento do PIB, tanto a nível nacional como a nível regional, tornando essa variável indispensável para o modelo. Espera-se que essa variável tenha uma elasticidade positiva com o consumo de energia elétrica. A variável PIB do Ceará será representada nesse trabalho como PIBCE.

Tarifa Média Total Brasileira: Reajustes na tarifa afetam o consumo de energia elétrica mais de forma indireta do que de forma direta. Indústrias conseguem readequar processos produtivos, promover melhorias na eficiência dos equipamentos, mas ainda assim grande parte de reajustes no valor da tarifa de energia elétrica acabam sendo refletidos no preço do produto final, o que de forma indireta entra no espiral de aumento de custos, repasse de preços, aumento de inflação, aumento das taxas de juros, etc.

Consumo de Energia Elétrica do Estado do Ceará: Esta variável será utilizada como variável dependente, porém em alguns modelos ela será auto-regressiva, ou seja, os dados defasados servirão para justificar o modelo no período em estudo.

Domicílios: Esse dado reflete a quantidade de domicílios no Estado do Ceará ao longo dos anos. Para essa variável, é esperado uma elasticidade positiva, haja vista que quanto maior a quantidade de residências, maior será a quantidade de consumidores, eletrodomésticos e, conseqüentemente, maior o consumo de energia elétrica. Essa variável será representada nesse trabalho como DOM.

População: Será analisada a influência da população do estado no consumo, visto que há uma tendência de quanto mais pessoas existentes, maior o consumo de energia elétrica. Deve-se lembrar que a realidade brasileira ainda não disponibiliza energia elétrica para todos os cidadãos. A variável está representada como POPCE.

Dummy: No início da década de 90 com o objetivo de atenuar os índices de inflação, foi anunciado o Plano Collor que confiscou as poupanças da economia Brasileira. Em 1994, com o mesmo objetivo de conter a inflação, porém com uma proposta mais robusta de promover um crescimento na economia e estimular a indústria brasileira, foi lançado o Plano Real, que baixou bruscamente os índices de inflação.

Em 2001 a população brasileira foi atingida por um “apagão elétrico”, onde todos tiveram que racionar energia para não exaurir os baixos níveis dos reservatórios energéticos que tinham sido provocados pelo longo período de estiagem. Face a esta realidade da economia brasileira, resolveu-se utilizar uma *dummy* para os anos de 1992, 1995 e 2001.

3.2 Modelos

Três modelos econométricos darão suporte ao estudo: o primeiro consiste em um modelo tipo ARMA (*Auto Regressive Moving Average*) estimado com erros robustos, baseado na matriz de Newey-West e os outros dois são modelos vetoriais auto-regressivos – um primeiro que incorpora a equação do modelo ARMA anterior e o outro uma segunda especificação que controla apenas para os períodos de possíveis quebras estruturais na atividade econômica cearense. Conjuntamente, a magnitude e significância dos coeficientes estimados nas duas primeiras especificações darão robustez aos resultados e permitirão a utilização das duas especificações para realização de previsão, de onde será feito um comparativo entre tais resultados e os da terceira especificação. Sejam, então, as especificações dos modelos:

ARMAX:

$$\log(CEECE)_t = \beta_0 + \beta_1 \log(PIBCE)_{t-1} + \beta_2 TRF_{t-1} + \beta_3 DOMPC_t + \varepsilon_t$$

$$\text{VARMAX 1: } Z_t = \sum_{k=1}^n \Phi_k Z_{t-k} + \alpha TRF_{t-1} + \gamma DOMPC_t + \varepsilon_{1,t}$$

$$\text{VARMAX 2: } Z_t = \sum_{k=1}^n \lambda_k Z_{t-k} + \delta DUMMY_t + \varepsilon_{2,t}$$

As definições das variáveis seguem conforme tabela acima

$$Z_t \equiv \begin{pmatrix} \log(CEECE)_t \\ \log(PIBCE)_t \end{pmatrix} \text{ representando o vetor de variáveis dependentes.}$$

A ordem "k", correspondente ao nível de defasagem do VAR, será determinada a partir da minimização do critério de informação de Schwarz, e os procedimentos para realização do processo de inferência do modelo são os seguintes:

- i. Escolha das variáveis para definição do modelo VAR a ser estimado;
- ii. Definição do *lag* ótimo de acordo com o critério de Schwarz;
- iii. Realização de previsão para período(s) à frente;
- iv. Comparação e escolha do melhor modelo a partir da minimização do erro quadrático médio para as previsões realizadas.

As especificações permitem analisar como a taxa de crescimento da energia reage ao crescimento do Produto Interno Bruto, em pontos percentuais, ou seja, temos medidas em termos de elasticidades e a limitação da amostra fará com que os testes de robustez para os dois modelos sejam realizados a partir da comparação das estimativas entre os dois modelos.

4. Resultados e previsões

Segundo Gujaratti (2000 p. 409, 752 e 753), o esquema ARMA é assim considerado, já que é uma combinação do esquema auto-regressivo com o esquema de média móvel. O termo auto-regressivo se deve à aparência do valor defasado da variável dependente no lado direito e o termo vetor se deve ao fato de estar especificando duas ou mais variáveis conjuntamente.

Na especificação ARMA, estimado com erros robustos, algumas variáveis são tratadas como endógenas e outras como predeterminadas (exógenas e/ou endógenas

defasadas). Na especificação citada anteriormente utilizou-se as variáveis de consumo de energia elétrica, PIB e a relação per capita do número de domicílios no estado, e tarifa média brasileira.

Tabela 1 – Estimativas da Especificação ARMA com Erros Robusto

Variável dependente: LogCEECE				
Newey-West HAC Standard Errors & Covariance (lag truncation=2)				
Variável	Coefficiente	Desvio Padrão	t-Estatística	P-valor
C	-1.221683	0.503064	-2.428483	0.0292
LogCEECE(-1)	0.604569	0.119675	5.051754	0.0002
LogPIBCE(-1)	0.496489	0.237031	2.094617	0.0549
TRF(-1)	-0.001073	0.000653	-1.643323	0.1226
DOMPC	2.074187	1.069889	1.938693	0.0730
Estatísticas:				
R ²	0.980428	Critério Akaike		-2.986124
SQR	0.033178	Critério Schwarz		-2.737588
Log Máx. Verossimilhança	33.36818	F-estatística		226.4149
Durbin-Watson	2.722398	P-valor (F-estatística)		0.000000

Fonte: cálculos próprios

Observa-se na tabela 1 que os coeficientes, expressos por elasticidades, tiveram uma indicação satisfatória, visto que o CEECE no período anterior apresenta um efeito positivo sobre o período corrente, bem como o PIBCE. A tarifa média brasileira, ao apresentar seu coeficiente negativo, está de acordo com a expectativa, pois espera-se que com um aumento da tarifa de energia elétrica, o consumidor terá a tendência de reduzir o consumo.

A variável de domicílios per capita também comportou-se como esperado, visto que com o aumento deste valor a tendência é que aumente o consumo de energia. Saliente-se ainda que a magnitude do coeficiente de determinação em 98% assegura uma elevada confiança no poder de previsão do modelo.

Conforme dito anteriormente, o modelo VAR é vetorial auto-regressivo que incorpora a equação do modelo ARMA. Desta forma, as variáveis utilizadas são denotadas conforme especificação ARMA no item anterior. Inicialmente, para se encontrar o nível de defasagem ótimo, utilizou-se o critério de Schwarz e, conforme os resultados expostos na tabela 2, foi identificado o *lag* ótimo igual a um.

É importante ressaltar que as variáveis CEECE e PIBCE são consideradas endógenas no vetor auto-regressivo e as demais como sendo predeterminadas. A seguir, os resultados do teste de estabilidade, conforme tabela 3.

Os resultados demonstram que o modelo VAR estimado não é estável, entretanto, as informações atestam que pode existir até duas relações de cointegração entre energia e PIB, ao se assumir que as séries possuem em comum tendência linear e intercepto, em conformidade com a tabela 4. Este último resultado permite estimar o VAR em nível, de acordo com as estimativas contidas na tabela 4

Tabela 2 – Estimativa da Defasagem Ótima do Modelo VAR1

VAR: seleção da ordem da defasagem
 Variáveis endógenas: LogCEECE LogPIBCE
 Variáveis predeterminadas: C TRF(-1) DOMPC

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	34.29737	NA	0.000124	-3.329102	-3.035027	-3.299870
1	62.31983	39.56112*	7.54e-06*	-6.155274*	-5.665148*	-6.106554*
2	64.64713	2.738007	9.83e-06	-5.958486	-5.272311	-5.890279
3	67.69745	2.870890	1.26e-05	-5.846759	-4.964534	-5.759064

* indica a seleção da ordem da defasagem

LR: teste da razão de máx. verossimilhança (ao nível de 5%)

FPE: Erro de previsão final

AIC: Critério de Akaike

SC: Critério de Schwarz

HQ: Critério de Hannan-Quinn

Fonte: Cálculos próprios.

Tabela 3 – Estabilidade do Modelo VAR1

Raízes características polinomiais
 Variáveis endógenas: LCEECE LPIBCE
 Variáveis predeterminadas: C TRF(-1) DOM/POP
 Especificação da defasagem: 1 1

Raízes	Módulos
1.223144	1.223144
0.694945	0.694945

Resultados:

Pelo menos uma raiz fora do círculo unitário.

VAR não satisfaz a condição de estabilidade.

Fonte: Cálculos próprios.

Tabela 4 – Tendência do Modelo VAR

Séries endógenas: CEECE PIBCE

Séries predeterminadas: TRF(-1) DOM/POP

Intervalo das defasagens: 1

Nível de 5%* - Número de relações cointegradas por modelo

Teste Tipo	Tendência				
	Nenhuma S/ Intercepto	Nenhuma Intercepto	Linear Intercepto	Linear Intercepto	Quadrática Intercepto
	S/Tendência	S/Tendência	S/tendência	Tendência	Tendência
Traço	0	0	0	2	2
Max-Eig.	0	0	0	0	0

*Valores críticos baseados em MacKinnon-Haug-Michelis

Fonte: Cálculos próprios.

Tabela 5 – Estimativas do VAR1 em Nível

Variáveis Predeterminadas	Variáveis	Endógenas
	LCEECE	LPIBCE
LCEECE(-1)	0.604569 [4.28041]	-0.112599 [-0.65580]
LPIBCE(-1)	0.496489 [2.26214]	1.313519 [4.92314]
C	-1.221683 [-2.48034]	-0.451201 [-0.75356]
TRF(-1)	-0.001073 [-1.91902]	0.000174 [0.25559]
DOM/POP	2.074187 [1.27870]	-1.150746 [-0.58357]
R ²	0.984777	0.961901
SQR	0.033178	0.049029
F-statistic	226.4149	88.36506
Razão de MV	33.36818	29.65806
Akaike AIC	-2.986124	-2.595585
Schwarz SC	-2.737588	-2.347048

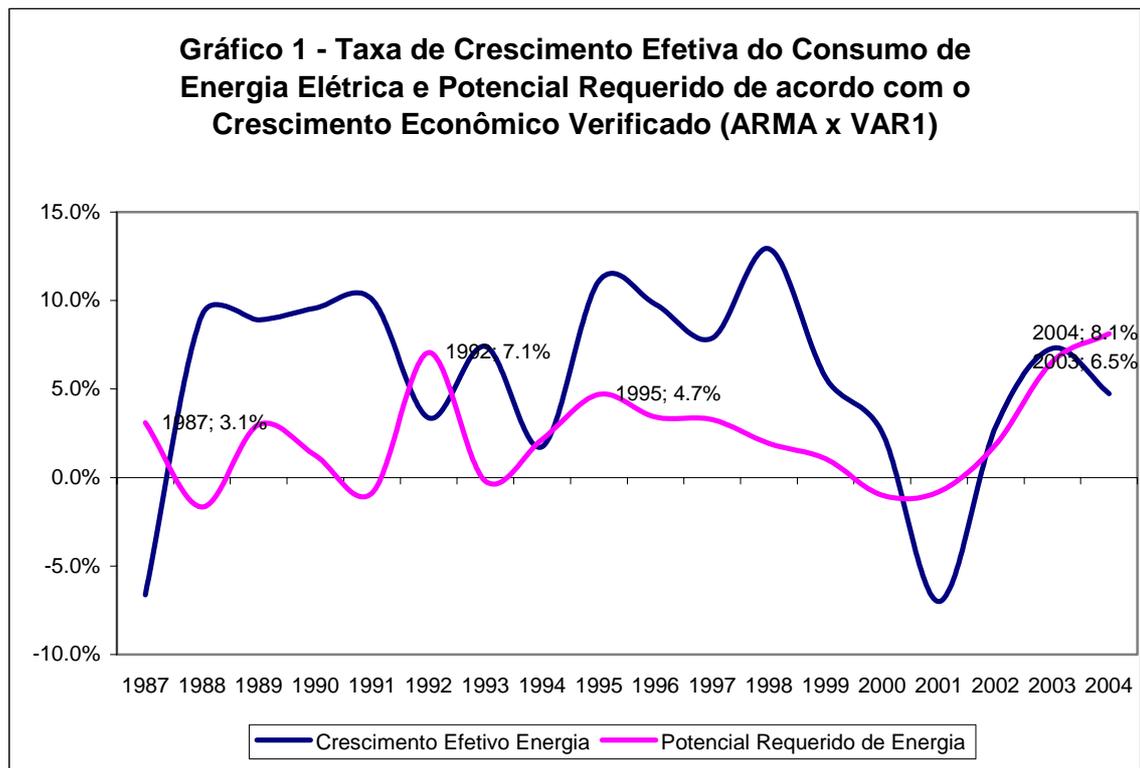
Fonte: Cálculos próprios. Nota: Valores da estatística-t entre colchetes.

Os sinais dos coeficientes encontrados confirmam as relações existentes com o modelo de acordo com o esperado e a lógica econômica. O R² ajustado também expressa um elevado índice de representatividade, tal como o anterior, em torno de 98,4%.

3.2.3 Interpretações dos modelos ARMA e VAR1

Os resultados do modelo ARMA estimado com erros robustos são corroborados pelas estimativas do modelo VAR, inclusive na magnitude dos coeficientes. Vemos então que, para o período analisado, um crescimento de 1% no Produto Interno Bruto cearense implicaria em um crescimento de 0,5% no consumo de energia no período seguinte. Considerando que a oferta de energia seja insuficiente, então este fato estaria impedindo a manutenção da trajetória de crescimento.

A partir dos resultados do modelo 2 (VAR 1) analisa-se, entre 1987 e 2004, o consumo potencial de energia elétrica de acordo com o crescimento econômico no período anterior *vis a vis* o consumo verificado. A hipótese de sustentação seria que a oferta insuficiente de energia pode ser a causa de um consumo de energia verificado inferior ao potencial. O gráfico 1, a seguir, explicita os resultados:



Como se pode observar, alguns pontos merecem destaque nos comentários a respeito do comportamento do modelo e da relação entre a situação econômica do país nestes períodos, a saber:

i) **Em 1992:**

Pode ser atribuído ao comportamento da economia no ano de 1992, o fato de no cenário internacional, no início dos anos 90 a invasão do Kuwait pelo Iraque, e no cenário nacional, o plano Collor ter sido anunciado.

Os Estados Unidos entraram em forte recessão de 1990 a 1991, tendo uma variação negativa no PIB. A principal justificativa foi devido a uma mudança adversa no consumo da população, pelo fato de ter baixado o índice de confiança do consumidor, que leva em conta o grau de confiança entre a situação econômica do país atual e futura, desde as oportunidades de emprego até a expectativa de renda familiar nos próximos seis meses.

No âmbito nacional, o Brasil encontrava-se com elevados índices de inflação como podemos verificar no gráfico 8.0 do índice de inflação médio, que teve seus maiores índices nos primeiros anos da década de 90. O PIB do estado do Ceará de 1990 para 1991 aumentou em 14,2%, o maior aumento verificado durante a década de 90. Estes valores refletem diretamente no modelo em questão, visto que, como estamos levando em conta o potencial requerido, os valores dos períodos defasados entram no cálculo, conforme equação abaixo:

$$\text{Potencial Requerido (t)} = \frac{\left\{ \left[\left(\frac{\text{PIB}(t-1)}{\text{PIB}(t-2)} \right) - 1 \right] \times 100 \times \text{Coef} \right\}}{100}$$

Desta forma, para o potencial requerido no período de 1992, os valores do PIB de 1991 e 1990 são utilizados, bem como o coeficiente encontrado na regressão dos modelos.

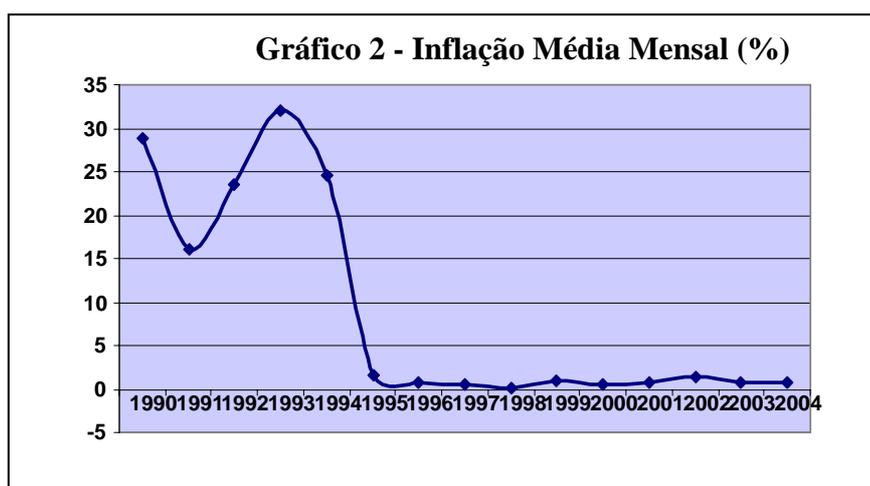
Durante os anos de 1990 a 1992, a indústria Brasileira passou a exportar mais (ver tabela 6), frente à recessão norte americana e a necessidade de consumo de insumos básicos. Com uma queda na inflação (gráfico 2), o consumo interno brasileiro aumentou, contribuindo para o crescimento dos valores do PIB.

Tabela 6 – Exportações Brasileiras em Milhões de Dólares

Ano	1990	1991	1992	1993
Exportações	2617,83	2635	2988,5	3216,41

Fonte: SECEX/FGV DADOS. Adaptação dos autores.

Com relação à taxa efetiva de consumo de energia elétrica no período de 1991 e 1992, pode-se dizer que houve um decréscimo desta, porém se observada em valores absolutos do consumo, estes se mantêm praticamente idênticos sofrendo um leve aumento. Isto deve-se ao fato de ter sido o período compreendido entre o início do plano Collor, do aumento de inflação e da fase que antecede o plano Real. Caracterizando-se em uma época de estabilização dos valores do PIB e do consumo de energia.



Fonte: IPC-FGV/INPC-IBGE/IGP-DI-FGV. Elaboração dos autores.

ii) Em 1995:

O “boom” da atividade industrial no Brasil foi reflexo da implantação do Plano Real no início de 1994. Verificou-se uma acentuada valorização do câmbio e uma maior abertura da economia, causando uma maior exposição da produção nacional à oferta de bens e serviços de origem externa, o que contribuiu para o combate à inflação, a retomada da classe industrial e uma certa estabilização da economia.

Neste período, observa-se através do gráfico 1.0 uma grande defasagem entre os valores da taxa de consumo efetivo de energia elétrica e o potencial efetivo de energia, ou seja, a partir desta época, o crescimento do consumo de energia não acompanhou a oferta de energia, durante quase meia década.

O que aconteceria no futuro foi o que já havia sido preconizado: uma falta de oferta de energia, mais conhecida como o apagão elétrico.

iii) Em 2001:

A população brasileira não tinha escolha, participava do racionamento energético imposto pelo Governo ou simplesmente iria provocar a falta de abastecimento de energia para as atividades básicas da indústria e de outros setores da economia. Segundo Pires (2002, p.17), o programa de racionamento foi “autogerido”. Cada consumidor teve o direito de decidir quando e como cumpriria suas metas de redução do consumo. As metas também foram flexíveis, como forma de, em primeiro lugar, proteger o pequeno consumidor, e, em segundo lugar, atenuar a crise no setor produtivo, para que a produção e o emprego não fossem prejudicados além do estritamente necessário. A energia poupada pelos consumidores durante o período de racionamento foi superior a 38 milhões de MWh, sendo 30 milhões de MWh somente na região Sudeste. Como resultado, a taxa de crescimento da economia foi comprometida, o PIB do país cresceu 1,5% no ano de 2001 em relação aos quase 4,5% de crescimento do PIB observados no ano anterior. Contribuíram também os efeitos da crise Argentina, bem como da crise internacional que se aprofundou na segunda metade do ano, em especial após os eventos de 11 de setembro nos EUA.

Pode-se observar no gráfico 7.0 uma queda brusca do consumo de energia neste período, chegando a ficar abaixo da linha do potencial requerido de energia. Os efeitos diretos do racionamento permaneceram até o ano de 2002, onde após este período, a situação tenderia a se normalizar devido às medidas emergenciais que o Governo adotou para a oferta de energia.

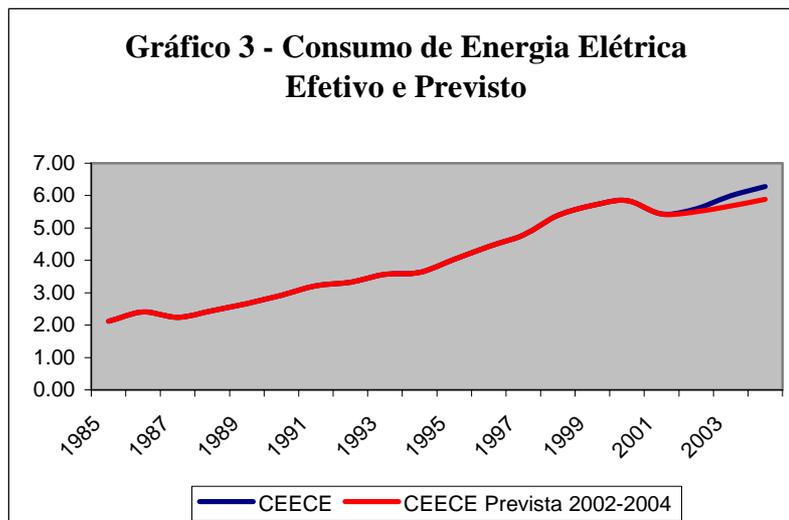
iii) A partir de 2003:

De acordo com Miranda (2004,), no final de 2003 e início de 2004, o Brasil, e especialmente o Nordeste, esteve novamente na iminência de um novo apagão, semelhante ao ocorrido em 2001. O Governo Federal foi forçado a solicitar o funcionamento das Usinas Térmicas Emergenciais, gerando um alto custo para o país. Observa-se ainda neste período um descompasso em relação ao crescimento no consumo de energia elétrica e a necessidade ofertada, pois, ao final do ano de 2004, segundo as estimativas geradas pelo modelo, se deve aumentar a oferta de energia para os anos seguintes. Isso, face às tendências econômicas do país e do crescente consumo de energia principalmente pelos setores industriais e residenciais, onde cada vez mais está sendo incluído nos programas de utilização da rede elétrica, devido aos frequentes incentivos governamentais, como exemplos, os projetos estaduais São José e o Energia para todos.

4.1 Previsão com o modelo VAR1

Esta etapa consiste em utilizar os resultados do modelo VAR estimado e realizar previsão para o período 2002-2004 (três passos à frente, o que já é bastante, dado o reduzido número de observações). Os resultados seguem abaixo em um comparativo com o consumo efetivamente ocorrido (gráfico 3).

Note que a previsão do primeiro passo a frente é muito acurada, porém a qualidade do ajustamento cai à medida em que se avança no tempo, entretanto, a tendência ainda se mantém. O modelo mantém a acurácia sobre a tendência, mas não foi possível estender ainda mais o horizonte de previsão porque, como se trata de um VAR, haveria a necessidade dos dados das variáveis predeterminadas no período em que se está realizando a previsão.



4.2 Especificação VAR 2

Nesta etapa, utiliza-se o período de 1986-2004 (que após o ajuste da defasagem ficou 1988-2004) e inseriu-se uma variável *dummy* para o período pré-abertura comercial, para o ano de 1992, 1995 e 2001. Nestes dois primeiros a justificativa seria o Plano Real e seu impacto sobre a atividade econômica e no último o racionamento de energia. O modelo VAR foi reestimado para se realizar previsões no período 2002-2004 e comparar os resultados com o modelo VAR1. Como critério de escolha, o melhor será aquele que minimiza o erro quadrático médio para as previsões entre 2002 e 2004. Segue novamente os procedimentos-padrão.

4.2.1 Nível de defasagem ótimo:

Para encontrar o nível de defasagem ótimo, utilizou-se o critério de Schwarz. Conforme os resultados na tabela 7, foi encontrado a *lag* ótimo como sendo de 1(um), e na tabela 8 encontra-se a estabilidade do modelo.

Tabela 7 – Estimativa da Defasagem Ótima do Modelo VAR2

VAR: seleção da ordem da defasagem
 Variáveis endógenas: LogCEECE LogPIBCE
 Variáveis predeterminadas: C TRF(-1) DUMMY
 DOMPC

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	35.65623	NA	0.000135	-3.253674	-2.861574	-3.214699
1	66.06062	39.34686*	6.32e-06*	-6.360073*	-5.771923*	-6.301610*
2	69.36033	3.493808	7.56e-06	-6.277686	-5.493485	-6.199735
3	71.41973	1.695978	1.14e-05	-6.049380	-5.069129	-5.951942

* indica a seleção da ordem da defasagem

LR: teste da razão de máx. verossimilhança (ao nível de 5%)

FPE: erro de previsão final

AIC: Critério Akaike

SC: Critério Schwarz

HQ: Critério Hannan-Quinn

Fonte: Cálculos próprios.

Tabela 8 – Estabilidade do Modelo VAR2

Raízes características polinomiais	
Variáveis endógenas: LogCEECE LogPIBCE	
Variáveis exógenas: C DUMMY	
Especificação da defasagem: 1 1	
Raízes	Módulos
1.198932	1.198932
0.820545	0.820545
Resultados:	
Pelo menos uma raiz fora do círculo unitário	
VAR não satisfaz a condição de estabilidade	

Fonte: Cálculos próprios

Os resultados demonstram que o modelo VAR 2 estimado não é estável, entretanto, as informações contidas na tabela 9 demonstram que se pode justificar a estimação do VAR com raízes unitárias, pois existem relações de cointegração entre as variáveis que compõe o modelo.

Tabela 9 – Estimativa do Modelo VAR 2 em Nível

Series endógenas: CEECE PIBCE					
Série exógena: DUMMY					
Warning: Rank Test critical values derived assuming no exogenous series					
Intervalo da defasagem: 1 - 1					
Número de relações cointegradas por modelo – Nível de 5%*					
TesteTipo	Tendência				
	Nenhuma	Nenhuma	Linear	Linear	Quadrática
	S/Intercepto S/Tendência	Intercepto S/Tendência	Intercepto S/Tendência	Intercepto Tendência	Intercepto Tendência
Traço	1	1	1	1	0
Max. Eig	1	1	1	0	0

*Valores críticos baseados em MacKinnon-Haug-Michelis

Fonte: Cálculos próprios.

Na tabela 10 abaixo constam os resultados da regressão do modelo VAR 2, seguindo os mesmos procedimentos.

Os efeitos das variáveis, medidos pelos coeficientes estimados, ratificam as expectativas dentro de um cenário econômico para as variáveis que tiveram seus coeficientes com significância estatística, ou seja, aumento do PIB no período corrente induz a um aumento do PIB e do CEECE no período posterior, bem como acontece também com o efeito do CEECE. O coeficiente de determinação (R^2) se eleva para 99%, denotando ser de alto grau a acurácia para previsões.

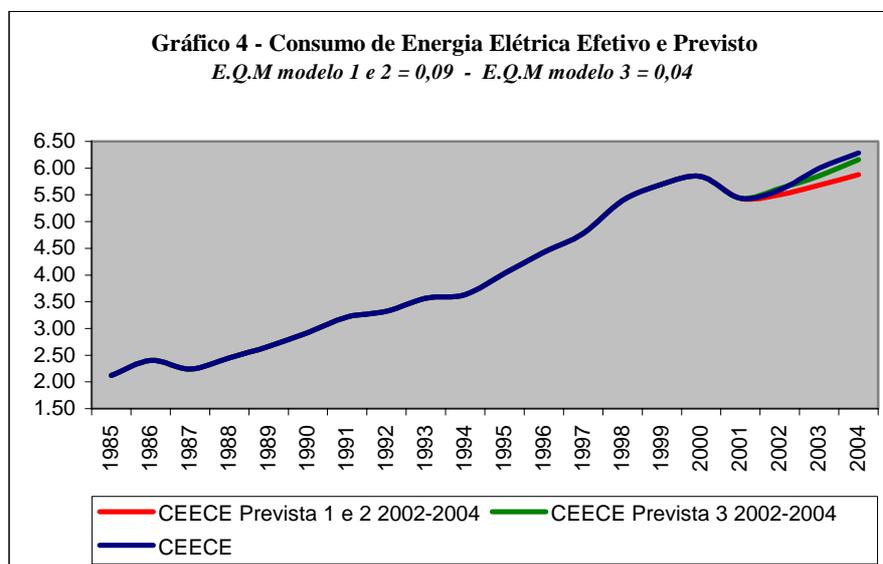
4.3 Interpretações e previsões com os modelos ARMA, VAR1 e VAR2

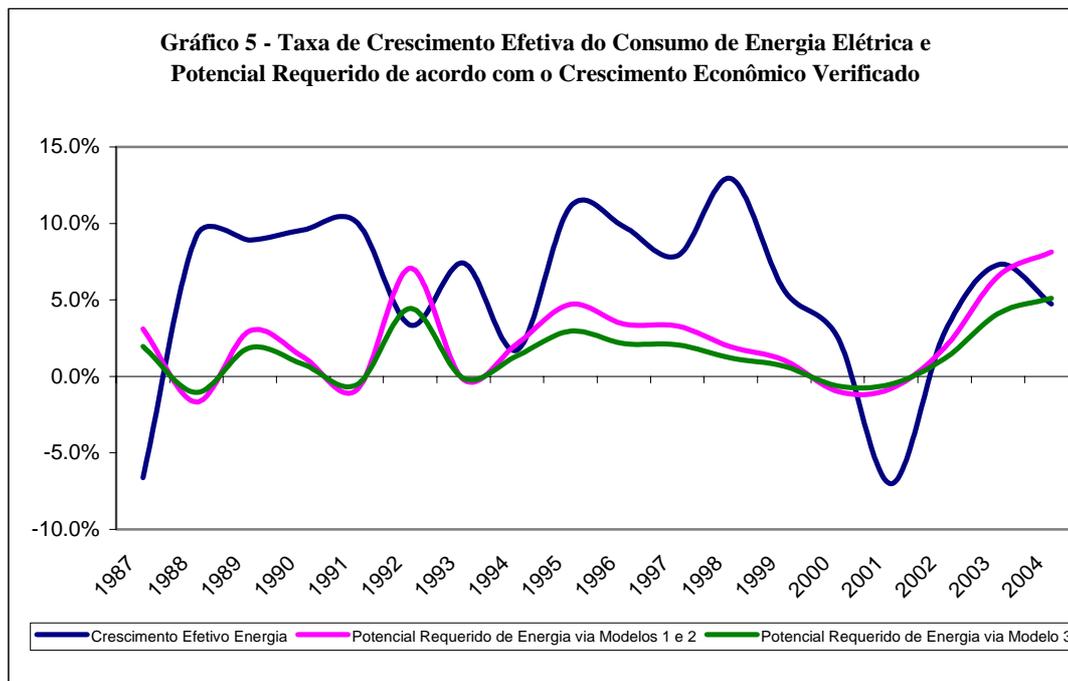
Os resultados obtidos nas etapas anteriores foram refeitos e um comparativo das previsões entre os modelos 1 e 2 (estimativas bastante similares) e o modelo 3 – sejam a partir do coeficiente estimado para a reação do consumo de energia à variação do PIB no período anterior, sejam para as previsões “fora da amostra” para o período 2002-2004 – seguem nos gráficos 4 e 5.

Tabela 10 – Estimativas do VAR 2

Variáveis Predeterminadas	Variáveis Endógenas	
	LogCEECE	LogPIBCE
LogCEECE(-1)	0.704086 [8.62546]	-0.184493 [-1.25873]
LogPIBCE(-1)	0.312368 [2.66742]	1.315392 [6.25567]
C	-0.425158 [-1.79173]	-0.599592 [-1.40725]
DUMMY	-0.040746 [-2.16984]	-0.017906 [-0.53104]
R ²	0.991163	0.957149
SQR	0.013487	0.043484
DP da regressão	0.032210	0.057835
F-estatística	486.0297	96.79223
Razão de MV	36.56157	26.61091
Akaike AIC	-3.830773	-2.660107
Schwarz SC	-3.634723	-2.464057

Fonte: Cálculos próprios.





Observa-se no gráfico 5 que as previsões feitas com o potencial requerido para os modelos em estudo apresentam-se bastante semelhantes. Uma maior diferença com o crescimento efetivo de energia é observada justamente nos períodos que merecem um destaque maior. Isso ocorre no ano de 1992 após a implantação do plano Collor, em 1995 no período após a implantação do plano Real, em 2001 na época do racionamento energético e por fim no período de 2003 e 2004, onde os modelos em questão são convergentes entre si, porém divergentes quando comparados com a taxa de crescimento da energia ofertada.

O potencial requerido de energia possui uma tendência ascendente enquanto que o crescimento de energia possui uma tendência decrescente. Esta divergência nos revela a necessidade do aumento na oferta de energia para os próximos anos, visto que a demanda necessária está cada vez mais crescente, acompanhando o crescimento da economia brasileira.

A previsão feita por Sales;Giambiagi;Pires (2002) corrobora com a presente análise. Esses autores destacam que para a obtenção destes resultados, não foram considerados os projetos de construção de usinas com base em energias alternativas nem a energia emergencial já contratada pelo Governo para o período. A análise da tabela 11 permite observar que há um excesso de oferta nas regiões Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste até 2004. A partir de 2005, inicia-se um desequilíbrio no Nordeste, que se mantém no ano seguinte e passa também a atingir a região Sudeste.

A curto e médio prazos a necessidade de aumento da oferta de energia elétrica não será apenas realidade destas regiões brasileiras, acima citadas, visto que o crescimento econômico tenderá nos anos seguintes a ocupar espaços e regiões antes sem infra-estrutura e recursos, localizados fora dos centros urbanos. Esta nova configuração está relacionada à tendência internacional de criar centros polarizados dentro de uma mesma região, aumentando a possibilidade de diversidade das atividades econômicas, aliviando os elevados índices populacionais dos grandes centros urbanos e contribuindo para um desenvolvimento sustentável.

Tabela 11 – Balanço de energia – Sudeste/Centro Oeste/Nordeste

Energia	Anos									
	2002		2003		2004		2005		2006	
	SE-CO	NE								
Oferta	30.259	6.063	31.861	6.697	3.768	6.697	32.927	6.697	31.806	6.675
Demanda	27.013	5.956	28.168	6.246	29.257	6.542	30.423	6.826	32.224	7.349
Balanço	3.246	107	3.693	451	3.511	155	2.504	- 129	- 418	- 674

Fonte: ONS (2002)

4.4 Simulação do incremento de energia necessária à matriz energética do Ceará

O objetivo desta seção é fazer uma simulação utilizando-se a equação do modelo 3 (VARMAX 2), com os coeficientes gerados após o estudo econométrico das variáveis, e estimar o incremento necessário na matriz energética do estado do Ceará para o ano de 2005. Como explicado anteriormente, o modelo em questão é auto-regressivo e para os cálculos serão utilizados os valores do PIB e CEECE do ano de 2004, logo, tem-se que:

$$LCEECE_t = -0,425158 + 0,704086LCEECE_{t-1} + 0,312368LPIBCE_{t-1} - 0,040746Dummy + \varepsilon_t$$

$$LCEECE = 1,963493511$$

$$CEECE = 7,124172012 \text{ Gwh}$$

A energia necessária a ser incrementada na matriz energética do estado do Ceará, segundo o modelo em questão, é de aproximadamente 7,1242 GWh. Isto significa um aumento de 841 MWh de 2004-2005, representando uma taxa de consumo com crescimento de 13,32% em relação ao período anterior (2003-2004) que foi de 4,7%.

A potência dos parques eólicos autorizados pela ANEEL no ano de 2005 em todo o Brasil foi da ordem de 6040,7 MW. O estado do Ceará apresenta uma potência de 2023,85 MW deste montante.

Os valores apresentados indicam que a demanda de energia elétrica para o ano de 2005 poderia ser suprida por estes projetos eólicos, uma vez concluídos e em operação.

Conclusões e Recomendações

Este trabalho procurou mostrar a realidade brasileira no que diz respeito à matriz energética, em especial no que diz respeito à incorporação de utilização de fontes alternativas na geração de energia elétrica para os próximos anos. O estado do Ceará foi o principal alvo destas análises, face ao seu eólico encontrado em estudos do Atlas Eólico Brasileiro e do Atlas do Estado do Ceará.

A realidade do Nordeste Brasileiro muitas vezes é apresentada como sendo atribuída às chuvas escassas, do elevado nível de pobreza da população e à ineficiência na alocação dos gastos públicos. Em contrapartida a estas indicações é necessário que se apresente propostas concretas de desenvolvimento das regiões, em especial as mais carentes de recursos e que ainda estão se amoldando no que diz respeito às infra-estruturas necessárias para que se tornem grandes centros urbanos e possam assegurar o bom andamento de projetos de larga escala.

Alguns pontos cruciais precisam ser desenvolvidos e adaptados para facilitar a implantação de projetos de usinas eólicas, tais como:

- i. Infra-estrutura logística – desenvolvimentos de empresas especializadas para soerguimento e transportes de grandes estruturas componentes das torres eólicas;
- ii. Estrutura da malha viária - adaptação no que diz respeito ao raio de curvatura das vias em alguns centros urbanos e no interior do estado, bem como disposição de placas de sinalização ao longo da via;
- iii. Aumentar a disponibilidade de profissionais especializados na área;
- iv. Estimular a pesquisa em centros regionais e captar investimentos para desenvolver tecnologia local;
- v. Analisar com certa frequência novas regiões potenciais.

Através do estudo econométrico, utilizando variáveis regionais e nacionais para o período 1985-2004, viu-se que haveria no Ceará uma necessidade do aumento da oferta de energia para os próximos anos. No Nordeste esta realidade também foi observada por Sales, Giambiagi e Pires, 2002.

Para se propor a utilização da energia eólica como uma das opções para o suprimento destas necessidades, e dado o potencial eólico do estado, constatou-se que existe potencial para mais de 20 vezes a necessidade de consumo atual do estado.

A energia eólica possui uma complementaridade em relação ao regime hídrico, predominante na geração hidrelétrica no Brasil. Como mais de 70% da produção de energia elétrica brasileira é proveniente de usinas hidrelétricas, o potencial eólico do Estado do Ceará é máximo justamente no período de níveis mínimos de reservatórios, onde os custos associados de geração e os riscos de déficit são máximos. Uma participação de usinas eólicas no sistema elétrico poderá contribuir para a estabilização sazonal da oferta de energia.

Quanto aos custos da energia eólica, constata-se que sua tendência é decrescente e que os investimentos nestes tipos de empreendimentos podem ser incrementados pela entrada no mercado de emissões. Além de ser uma opção ecologicamente correta, possui incentivos do Governo Federal como o programa PROINFA que garante a compra de energia gerada durante 20 anos. É uma opção sustentável e acessível até mesmo para populações distantes dos centros urbanos (SILVA, 2006).

Hoje no Brasil já existem centros de excelência no estudo da energia eólica, que visam a formação de profissionais e também desenvolvem pesquisas para o aumento da eficiência dos equipamentos e da adaptação de tecnologias às particularidades de cada região.

A maximização da geração de energia por centrais eólicas é o fator de maior importância para a implantação de centrais eólicas no Brasil e a determinação da real competitividade desta fonte de energia quando comparada com combustíveis fósseis e energia nuclear.

Sem dúvida, a aplicação destas tecnologias alternativas para a geração elétrica só tem a contribuir para o desenvolvimento sustentável do país e poderão atrair investimentos em massa para outros setores, tais como o industrial, educacional, tecnológico, turístico, dentre outros.

O tratamento das variáveis em estudo poderá ser incrementado com a inclusão da análise da tendência de redução dos custos inerentes a esta tecnologia, bem como, da crescente aplicação das fontes renováveis. A tendência destas duas variáveis junto à análise do cenário econômico de crescimento do consumo de energia e do potencial requerido de energia será de grande importância e poderá explicar em grande parte as previsões dos anos seguintes para a implantação desta.

A recomendação para trabalhos futuros baseia-se justamente na maior abrangência destes estudos e no aprofundamento de dados relativos à infra-estrutura dos estados brasileiros. É importante salientar que o incentivo de pesquisas ligadas à geração de energia elétrica por fontes alternativas de energia trata-se de uma escolha sustentável e que neste momento pode não ser a mais rentável economicamente, porém quando se analisa o contexto global percebe-se grandes vantagens como um todo e, principalmente, para o futuro.

Referências Bibliográficas

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2 ed. 243p. Brasília, 2005.
- _____. **Dados do consumo de energia elétrica**. Disponível em www.aneel.org.br. Acesso em 08.nov.2007.
- CAMPOS, F. G. R. DE. **Geração de energia a partir de fonte eólica com gerador assíncrono conectado a conversor estático duplo**. 119 p. Dissertação (Mestrado do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- CARVALHO, P. **Geração Eólica**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2003
- CONEJERO, M. A. **Marketing de Créditos de Carbono: Um Estudo Exploratório**. Ribeirão Preto, 2006. 243 p. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Economia, Administração e contabilidade de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.
- COSTA, C. DO V. **Políticas de Promoção de Fontes Novas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica: Lições da experiência Européia para o caso brasileiro** – Rio de Janeiro, 2006. 233 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- DUTRA, R. M.. **Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFA**. Rio de Janeiro, 2007. 415p. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balço Energético Nacional 2006: Ano base 2005**. Rio de Janeiro, 2006.
- _____. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro, 2007.
- FARIA, V. C. **O Papel do Project Finance no Financiamento de Projetos de Energia Elétrica: Caso da UHE de Cana Brava**. Rio de Janeiro, 2003. 180 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.
- FERREIRA, Pedro Cavalcanti et al. Produtividade Agregada Brasileira (1970-2000): Declínio Robusto e Fraca Recuperação. Anais XXXIII Encontro Nacional de Economia, 20 p., 2005
- FEU, Aumara. Avaliação da produtividade do capital no Brasil no século XX. *Economia e Energia*, n. 43, mar./abr. 2004.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – FGV. **Dados do PIB**. Disponível em www.fgvdados.br. Acesso em 10.nov.2007.
- GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 2000.
- HINRICHS, R.A; KLEINBACH, M. **Energia e Meio Ambiente**. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.
- HOLANDA, A. **Biodiesel: “combustível para cidadania”**. – Brasília: Câmara dos deputados, 2006.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Dados do número de domicílios e população.** Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 02.out.2007.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Dados do consumo de energia elétrica.** Disponível em www.ipeadata.gov.br. Acesso em 10.out.2007.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Anuário Estatístico do Ceará, 1988 a 2000.** Fortaleza. 2000.
- LEITE, A. D. **A energia do Brasil.** 2 ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira,1997.
- MIRANDA, L. A. T. **Determinantes Econômicos do consumo de energia elétrica no estado do Ceará.** Fortaleza, 2004. 106 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – CAEN, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- NAKABASHI, Luciano; FELIPE, Evânio. Capital Humano nos Municípios Paranaenses. **Análise Econômica**, ano 25, n.47, p.7-22, 2007.
- RETSCREEN INTERNATIONAL. **Programa Retscreen.** Disponível em www.retscreen.gc.ca. Acesso em 19.nov.2007.
- SALES, A.F;GIAMBIAGI, F. ;PIRES, J. C. L. **As perspectivas do setor elétrico após o racionamento.** (Textos para discussão) BNDES. Rio de Janeiro, 2002.
- SALLES, A. C. N. DE. **Metodologias de Análise de Risco para Avaliação Financeira de Projetos de Geração Eólica.** Rio de Janeiro, 2004. 83 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético)-COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro,2004.
- SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA DO ESTADO DO CEARÁ(SEINFRA), COORDENADORIA DE ENERGIA E COMUNICAÇÕES. Estado do Ceará – **Atlas do Potencial Eólico**, Fortaleza, 2001.
- SILVA,C. C. **Análise dos aspectos meteorológicos e estruturais na geração de energia elétrica de centrais eólicas.** Recife, 2006. 115f. Dissertação (Mestrado)-Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco,2006.
- SILVA, N. F. **Fontes de Energia Renováveis complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro: O Caso da Energia Eólica.** Rio de Janeiro, 2006. 263p. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro,2006.