



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - CAEN
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA - MPE**

SILVIA FERNANDA OLIVEIRA

**PREVENDO O CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL: UMA ANÁLISE A
PARTIR DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DO CEARÁ**

**FORTALEZA
2011**

SILVIA FERNANDA OLIVEIRA

**PREVENDO O CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL: UMA ANÁLISE A
PARTIR DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DO CEARÁ**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Economia – Mestrado Profissional – da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Economia de Empresas

Orientador: Prof. Dr. Andrei Gomes Simonassi

**FORTALEZA
2011**

SILVIA FERNANDA OLIVEIRA

PREVENDO O CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL: UMA ANÁLISE A PARTIR DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DO CEARÁ

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Economia – Mestrado Profissional – da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia. Área de Concentração: Economia de Empresas

Data de Aprovação: **28 de fevereiro de 2011**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Andrei Gomes Simonassi
Orientador

Prof. Dr. Paulo Rogério Faustino Matos
Membro

Prof. Dr. Fabrício Carneiro Linhares
Membro

RESUMO

A tempestividade com a qual os agentes econômicos tomam suas decisões estimula o desenvolvimento de ferramentas que permitam antecipar as mudanças nos agregados econômicos. Deste modo, o estudo realiza uma análise e previsão da produção industrial cearense a partir do consumo de energia elétrica mensurado pela COELCE. Modelos Vetoriais Auto-regressivos (VAR) são estimados e cenários são construídos para o período 2011-2012. As estimativas se mostraram robustas com um elevado poder de explicação do modelo e as simulações indicaram um crescimento de 3,9% da produção industrial cearense até 2012 com base no valor verificado em 2010, já desconsiderando as influências sazonais.

Palavras-Chave: Previsão. Produção Industrial. Consumo de Energia Elétrica.

ABSTRACT

The timeliness with which economic agents make their decisions encourages the development of tools in order to anticipate changes in economic aggregates. Following this, the study analyses and develops models to forecast the industrial production from Ceará energy consumption measured by COELCE. Vector Auto-regressive models (VAR) are estimated and scenarios are constructed for the period 2011-2012. The estimates were robust and the simulations indicated an increase of 3.9% in industrial production Ceará until 2012, comparing with the values observed in 2010, without seasonal effects.

Keywords: Forecasting. Industrial Production. Energy Consumption.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Estatística da Produção Industrial no Ceará.....	12
TABELA 2 - Estatística do consumo de energia elétrica (GWh).....	13
TABELA 3 - Teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF).....	25
TABELA 4 - Erro Quadrático Médio – EQM.....	28
TABELA 5 - Coeficientes das Dummies.....	29

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Produção Industrial Mensal do Ceará 2000 a 2010.....	12
GRÁFICO 2 - Consumo de Energia Elétrica pelo setor industrial do Ceará 2000 a 2010.....	14
GRÁFICO 3 - Previsão da Produção Industrial Cearense, 2011-2012.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	BREVE HISTÓRICO DA INDUSTRIALIZAÇÃO E DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DO CEARÁ	10
2.1	Histórico da Industrialização	10
2.2	Consumo de Energia Elétrica	12
3	REVISÃO DA LITERATURA	15
4	ASPECTOS METODOLÓGICOS	21
4.1	Base de Dados	21
4.2	Modelo Econométrico	22
4.3	Modelo VAR	22
4.4	Testes de Raiz Unitária	24
5	RESULTADOS	25
5.1	Raiz Unitária	25
5.2	Causalidade de Granger	26
5.3	O Modelo VAR Escolhido	27
5.4	Resultados de Previsão para a PIMCE	28
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
	REFERÊNCIAS	31
	ANEXOS	34

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o fornecimento de energia é um fator determinante para o desenvolvimento econômico e social do país, um dos condicionantes estratégicos para a retomada do crescimento econômico. De todos os segmentos da infraestrutura, energia elétrica é o serviço mais universalizado. Em economias industriais modernas, sua disponibilidade tem papel fundamental para o desenvolvimento econômico de um país, estado ou região de modo que se as condições se apresentarem adversas, porque não dizer, inadequadas, e que impacte o fornecimento de energia, então as conseqüências, notadamente econômicas, serão cedo ou tarde sentidas.

Em 2001, o Brasil enfrentou uma crise de energia elétrica, que chegou a criar a necessidade de um programa de racionamento, acarretando inúmeras preocupações no corpo da sociedade brasileira com relação ao suprimento de energia para o futuro. No caso das indústrias, estas tiveram que criar estratégias de produção, tais como: estudar quais os produtos que consumiam maior ou menor quantidade de energia, priorizar o que poderia ser produzido localmente e o que deveria ser importado de outros países.

O resultado foi uma diferença significativa de consumo de energia que existia entre os diferentes produtos, onde alguns demandam mais insumos que outros e conseqüentemente mais energia elétrica. Finn (1996) afirma que “mais insumos são necessários para aumentar o produto, significando que mais energia deve ser demandada para o crescimento do produto, em virtude da energia ser um importante item para a utilização do capital”.

A relação entre produção industrial e consumo de energia ainda é um tema que tem motivado a elaboração de muitas pesquisas teóricas e empíricas em todo o mundo. Na literatura de previsão alguns trabalhos desenvolvidos recentemente vão além dessa afirmativa. Eles compreendem que a aplicação de diferentes modelos de previsão pode auxiliar numa melhor compreensão do

comportamento futuro dessas duas variáveis e que a combinação de diferentes modelos potencializa a previsão.

O conhecimento sobre o comportamento do consumidor, seja ele residencial, comercial ou industrial, faz parte da rotina das atividades de planejamento das distribuidoras de energia elétrica. Muitas decisões, de curto ou longo prazo, são tomadas com base na expectativa que tendências esperadas se confirmem.

A previsão do comportamento futuro é de interesse de diversos setores relacionados à economia. Alguns tipos de previsões requerem um estudo mais apurado, nesse trabalho iremos estudar o comportamento futuro do setor industrial do estado do Ceará e a sua relação com o consumo de energia. Observou-se, que nos últimos dez anos este assunto tem sido pouco abordado, no caso do Ceará, ainda não existem estudos relacionados ao tema, porém já existem estudos relacionados à previsão da demanda por energia elétrica no Brasil e na região Nordeste.

A motivação maior para a realização desse trabalho vem da observação do aumento no consumo de energia elétrica do setor industrial no Ceará, bem como da previsão da produção futura.

O objetivo central desse trabalho é utilizar um modelo VAR para prever o comportamento da produção industrial cearense mostrando que a análise de séries temporais auxilia na previsão do crescimento do setor industrial do Ceará. As series definidas para o trabalho serão: a produção física mensal da indústria e o consumo de energia elétrica do setor industrial.

Nosso trabalho está organizado, excetuando a introdução anteriormente alcinhada, em cinco capítulos. No segundo apresentaremos um breve histórico da industrialização no Ceará; no terceiro encontra-se a revisão da literatura nacional e internacional. Os capítulos quatro e cinco explicam a metodologia e os resultados da estimação. Por ultimo temos as considerações finais.

2 BREVE HISTÓRICO DA INDUSTRIALIZAÇÃO E DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DO CEARÁ

2.1 Histórico da Industrialização

O estado do Ceará apresenta desde o início do século XVIII certa vocação para a atividade fabril, em particular devido à habilidade do cearense no tratamento de produtos artesanais, prática adquirida desde a época de sua colonização. A pecuária foi a primeira grande atividade econômica cearense, pois fora “responsável pelas primeiras atividades ligadas às transformações industriais”, bem como ao povoamento e à colonização do Estado.

O intenso comércio de gado permitiu a criação dos primeiros núcleos urbanos, como Aracati, Russas e Sobral. Os currais ocupavam o interior da capitania e forneciam carne e matéria prima, neste caso o couro, para as primeiras atividades artesanais que começavam a surgir (ARAGÃO, 2005). Surge então, segundo o autor, a primeira atividade industrial no Ceará, a indústria do charque, as chamadas charqueadas, derivada do avanço da pecuária. Essa efervescência econômica resistiu até o final do século XVIII, quando a seca destruiu grande parte do rebanho cearense, pondo fim ao longo período de prosperidade da então capitania do Ceará.

No final do século XVIII, com o advento da Revolução Industrial, houve uma grande dinâmica econômica cearense graças ao algodão, produto bem adaptado ao clima semi-árido, essa planta nativa, tomou dimensões importantes e passou a ser cultivado em quase todo o Estado e em meados do século XIX se destacou por ser o produto mais importante do Ceará. Assim, a pecuária, o cultivo do algodão e a cultura de subsistência não só estruturaram a economia cearense como também marcaram profundamente a distribuição fundiária e o uso da terra no Estado.

Apesar de seu caráter agroexportador, vieram do algodão as primeiras iniciativas industrializadoras do Ceará, representadas, principalmente, pelas

empresas de fiação e tecelagem. Tais firmas, que se distribuíram por diversos municípios do Estado, uniram-se a outras nos ramos de curtume, metalurgia, tipografia etc., formando a identidade industrial cearense que predominou até a década dos anos de 1960 do século XX.

A implantação industrial, nessa fase, processou-se espontaneamente e foi realizada por grupos locais que conseguiram mobilizar os recursos financeiros disponíveis na região, adquiridos, sobretudo, através das atividades agrícolas e comerciais (AMORA, 1994, p.124).

Esse novo momento começou, de fato, a consolidar o processo de industrialização no Ceará. Segundo Nobre (1989), a criação da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), do Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e da Universidade Federal do Ceará possibilitaram, cada uma a sua maneira, no impulso econômico e industrial para o Estado, com destaque para a cidade de Fortaleza.

Foi a partir dessa fase que o Governo estadual se mobilizou no intuito de aparelhar o Ceará para um maior acesso aos incentivos regionais e aos investimentos externos. Inicialmente, foi depositado forte esforço no aperfeiçoamento das condições infra-estruturais, no qual os destaques foram para a montagem de uma rede de distribuição de energia elétrica, a ampliação e melhoria de estradas e a eficiência nos abastecimentos e, em seguida, somavam-se os dispositivos prontos a fornecerem serviços de apoio técnico e financeiro ao setor.

A formação do complexo de indústrias que hoje estão inseridas no território cearense, de acordo com Aragão (2005) é fruto de um processo histórico que foi desencadeado a partir da ocupação do interior do nordeste brasileiro. Desta forma as principais indústrias que se destacaram, principalmente em relação ao PIB local, são aquelas que tiveram papel na ocupação e expansão da economia no interior do Estado, como o setor têxtil e calçadista.

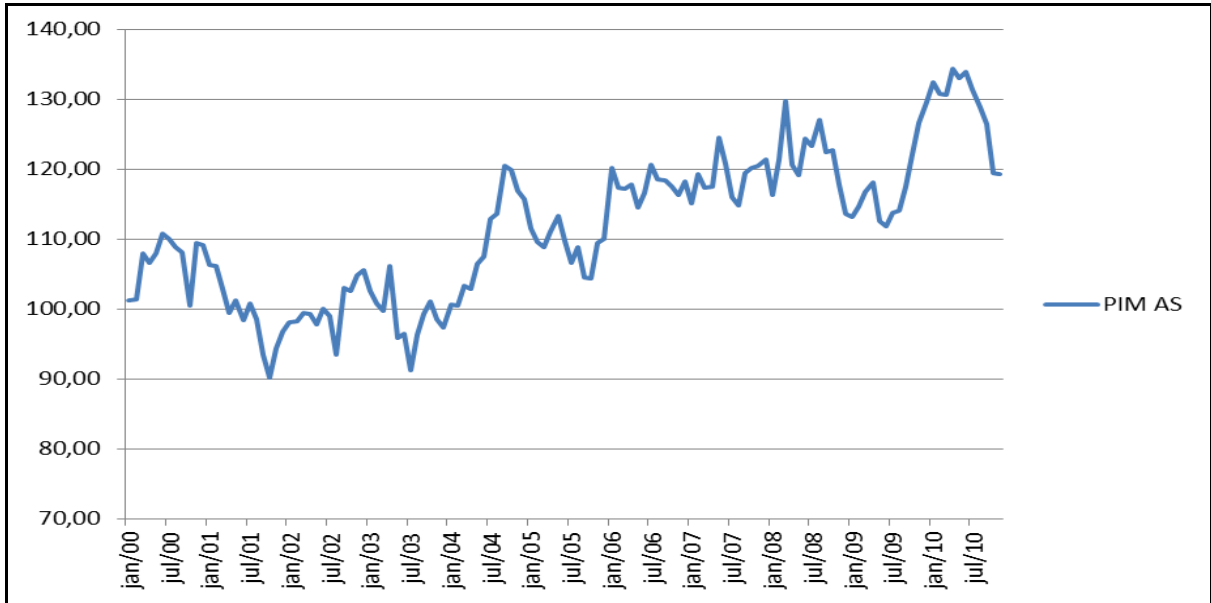


Gráfico 1 - Produção Industrial Mensal do Ceará 2000 a 2010

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

O Ceará ocupa um território de aproximadamente 145.711,8 Km² com localização privilegiada, próxima aos grandes mercados consumidores da Europa e América do Norte. Este fato, de acordo com Luca e Lima (2007) lhe confere vantagens competitivas em termos de logística e contribui para a atração de diversas indústrias que optaram por se instalar em seu território nos últimos anos. Segue abaixo uma tabela estatística com informações sobre a produção industrial nos últimos dez anos.

Tabela 1 - Estatística da Produção Industrial no Ceará

Media	111.54
Mediana	111.79
Maximo	134.29
Minimo	90.16
Desvio Padrão	10.48

Fonte: Elaboração da autora

2.2 Consumo de Energia Elétrica

O gasto com energia elétrica tem grande representatividade no custo do produto fabricado pela unidade industrial em questão. Desta forma, torna-se

imperativa a boa compreensão das variações e das previsões da demanda por energia elétrica, assim como de seus custos.

Segundo dados da resenha mensal de novembro de 2010 apresentada pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética) na tabela 2 abaixo, o consumo nacional de energia elétrica no Brasil totalizou 35.378 gigawatts-hora (GWh), com alta de 4% com relação ao mesmo período de 2009 e crescimento de 8,1% no acumulado do ano. O consumo residencial totalizou 8.971 GWh, o que representa um aumento de 3,9% frente a igual período de 2009. Já a classe de comércio e serviços totalizou 5.823 GWh com expansão de apenas 1%. O consumo industrial nacional totalizou 15.726 GWh, representando crescimento de 6,2% em comparação a igual mês de 2009. Os setores industriais nas regiões Norte e Nordeste apresentaram crescimentos de 5,7% e 4,7%, respectivamente. Abaixo temos uma tabela com as estatísticas do consumo de energia elétrica.

Tabela 2 - Estatística do consumo de energia elétrica (GWh)

REGIÃO/CLASSE	EM NOVEMBRO			ATÉ NOVEMBRO			12 MESES		
	2010	2009	%	2010	2009	%	2010	2009	%
BRASIL	35.378	34.013	4,0	382.936	354.190	8,1	417.434	386.006	8,1
RESIDENCIAL	8.971	8.636	3,9	97.877	91.900	6,5	106.754	99.842	6,9
INDUSTRIAL	15.726	14.811	6,2	168.313	151.577	11,0	182.916	165.252	10,7
COMERCIAL	5.823	5.764	1,0	62.809	59.160	6,2	68.904	64.546	6,8
OUTROS	4.859	4.802	1,2	53.936	51.553	4,6	58.860	56.367	4,4
NORTE	2.253	2.132	5,6	23.692	21.961	7,9	25.814	23.993	7,6
RESIDENCIAL	525	484	8,5	5.409	4.778	13,2	5.888	5.210	13,0
INDUSTRIAL	1.123	1.062	5,7	11.960	11.319	5,7	13.011	12.378	5,1
COMERCIAL	308	288	6,7	3.185	2.853	11,6	3.476	3.117	11,5
OUTROS	297	297	-0,2	3.139	3.011	4,2	3.439	3.288	4,6
NORDESTE	6.128	5.706	7,4	64.888	59.276	9,5	70.856	64.812	9,3
RESIDENCIAL	1.702	1.520	12,0	17.566	15.643	12,3	19.143	17.041	12,3
INDUSTRIAL	2.449	2.340	4,7	27.063	25.076	7,9	29.475	27.409	7,5
COMERCIAL	909	835	8,9	9.348	8.552	9,3	10.244	9.367	9,4
OUTROS	1.067	1.011	5,6	10.911	10.004	9,1	11.993	10.994	9,1
SUDESTE	18.970	18.350	3,4	205.628	189.267	8,6	224.098	206.109	8,7
RESIDENCIAL	4.677	4.587	2,0	51.832	49.647	4,4	56.601	53.869	5,1
INDUSTRIAL	8.989	8.395	7,1	94.935	83.592	13,6	103.058	91.174	13,0
COMERCIAL	3.170	3.228	-1,8	34.599	32.968	4,9	38.012	35.940	5,8
OUTROS	2.133	2.141	-0,4	24.262	23.060	5,2	26.426	25.127	5,2
SUL	5.799	5.696	1,8	64.724	60.883	6,3	70.570	66.323	6,4
RESIDENCIAL	1.366	1.379	-1,0	15.661	14.913	5,0	17.058	16.194	5,3
INDUSTRIAL	2.616	2.468	6,0	28.259	25.669	10,1	30.754	27.881	10,3
COMERCIAL	960	960	0,1	10.690	10.057	6,3	11.726	10.975	6,8
OUTROS	857	889	-3,6	10.113	10.242	-1,3	11.033	11.273	-2,1

REGIÃO/CLASSE	EM NOVEMBRO			ATÉ NOVEMBRO			12 MESES		
	2010	2009	%	2010	2009	%	2010	2009	%
CENTRO-OESTE	2.229	2.128	4,8	24.004	22.804	5,3	26.096	24.770	5,4
RESIDENCIAL	700	666	5,2	7.409	6.918	7,1	8.064	7.528	7,1
INDUSTRIAL	549	546	0,5	6.096	5.921	3,0	6.619	6.409	3,3
COMERCIAL	476	453	5,0	4.988	4.730	5,5	5.446	5.148	5,8
OUTROS	505	464	8,8	5.511	5.235	5,3	5.968	5.685	5,0

Fonte: Comissão Permanente de Análise e Acompanhamento do Mercado de Energia Elétrica – Copam/EPE. Dados preliminares.

Devido à grande participação do setor industrial no consumo de energia elétrica, o foco deste trabalho centra-se no comportamento da produção industrial com base no consumo de energia elétrica de consumidores industriais com aplicação de modelos de previsão. Podemos observar essa importância através dos gráficos abaixo, que mostram o comportamento do consumo de energia elétrica pelo setor industrial e a produção industrial nos últimos dez anos.

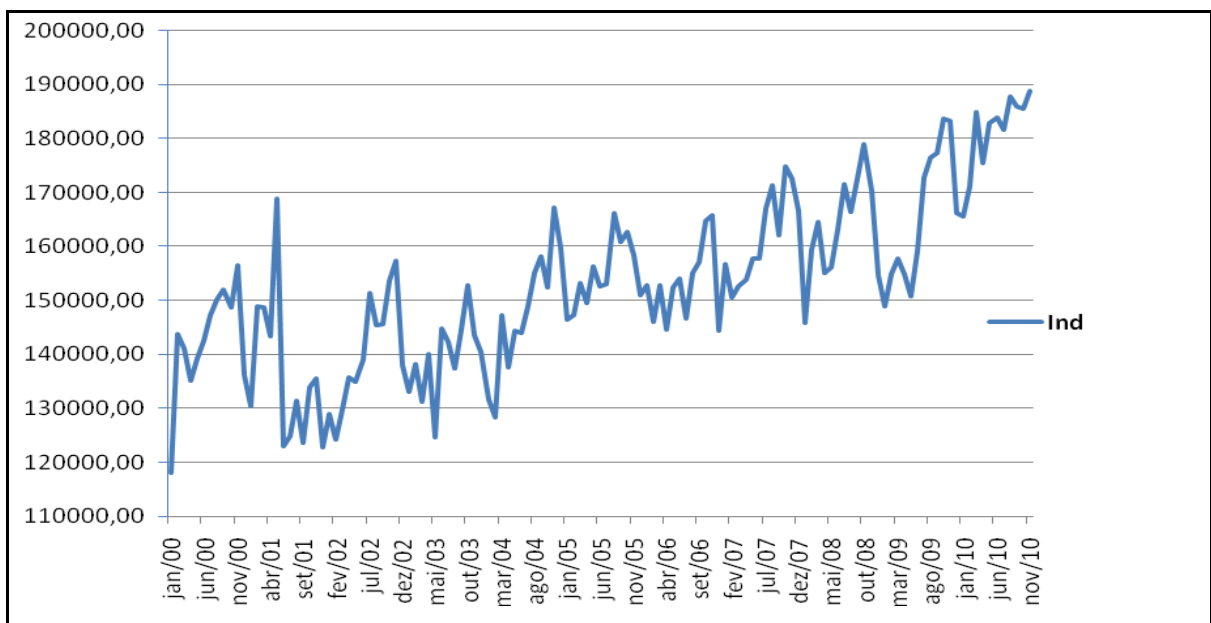


Gráfico 2 - Consumo de Energia Elétrica pelo setor industrial do Ceará 2000 a 2010

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados da Companhia Energética do Ceará – Coelce

O gráfico mostra o comportamento crescente da variável nesse período. Com base nisso, partimos para uma análise econométrica da relação entre consumo de energia e produção do setor industrial.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será feita uma breve revisão da literatura internacional e nacional no que diz respeito a estudos realizados sobre previsão da demanda por energia elétrica e previsão de crescimento da produção industrial.

Masih e Masih (1996), na busca por estimativas mais robustas para as elasticidades de longo prazo da demanda de carvão na China, utilizaram tal metodologia em função da qualidade dos estimadores obtidos por DOLS ser superior a de outros métodos quando se dispõe de pequenas amostras. O estudo compreendeu o período de 1953 a 1992, no qual o consumo de carvão é explicado pelo preço real do carvão e pela renda real (PNB). O estudo conclui que as elasticidades – preço e renda de curto prazo são inferiores em valor absoluto às de longo prazo.

Silk e Joutz (1997) investigaram os efeitos de variáveis econômicas no uso de energia empregando técnicas de cointegração, a qual permite desenvolver uma análise de curto e longo prazo através do Modelo Vetorial de Correção de Erros (VEC), com dados anuais para a demanda de eletricidade residencial dos EUA. Os autores construíram um índice para o estoque de equipamentos elétricos e estimaram o modelo para os anos de 1949 a 1993. Os resultados sugeriram uma mudança de regime no consumo durante a década de 1960, e estes autores projetaram, ainda, a demanda para 1994 e 1995.

Na Jordânia, a função demanda por energia elétrica utilizada por Al-Azzam e Hawdon (1999), durante o período de 1968-97, estimada por DOLS, é função da renda, da atividade de construção e da instabilidade política. Essas variáveis apresentaram um impacto significativo no consumo de energia elétrica. De todo modo, o preço real tem um efeito neutro ou fraco. Os autores argumentam que a variável que mensura a atividade de construção é uma indicação plausível do processo de desenvolvimento que envolve urbanização, além de possuir um impacto significativo em outras atividades nas quais também se faz uso de energia.

Já Akmal e Stern (2001) mensuraram as elasticidades de longo prazo para a demanda por eletricidade, gás natural e outros combustíveis para a Austrália, a partir do terceiro trimestre de 1969-70 ao segundo trimestre de 1998-9, por DOLS. A função demanda estimada por esses autores depende do preço do *i*-ésimo combustível, do preço dos combustíveis substitutos, do preço dos bens complementares e da renda.

Por sua vez, Saed (2004) estimou a demanda total de energia para a Jordânia no período de 1980 – 1999, chegando à conclusão de que o crescimento econômico é acompanhado por um aumento proporcional no consumo de energia, pois a elasticidade-renda encontrada foi de (1.15). Verificaram, ainda, que o consumo de energia é negativamente correlacionado com o preço.

Alguns estudos foram realizados sobre a demanda por energia elétrica no Brasil e no Nordeste durante as três últimas décadas. Isso torna este trabalho uma atualização da literatura nacional devido à utilização de metodologias econométricas distintas dos trabalhos realizados anteriormente.

Modiano (1984) estimou a elasticidade renda e elasticidade – preço para demanda por energia elétrica para o Brasil utilizando dados anuais do período de 1963 a 1981, isto para as classes de cliente: residencial, comercial e industrial. Este autor foi um dos primeiros a mensurar as elasticidades – renda e preço da energia elétrica utilizando para suas estimativas a regressão de uma equação Cobb – Douglas, não sendo relatada a utilização de recursos econométricos como teste ADF (Augmented Dickey – Fuller) nem cointegração. Observa-se neste trabalho que somente as elasticidades renda de longo prazo mostraram-se elásticas em relação à demanda por energia elétrica. Dessa forma, os resultados para as três classes foram, respectivamente, (1.130), (1.019) e (1.181).

Andrade e Lobão (1997) calcularam as elasticidades – renda e elasticidade – preço para a classe de cliente residencial para demanda por energia elétrica para o Brasil, os valores encontrados foram 0,2132 e -0,05084, respectivamente. Eles utilizaram dados anuais de 1970 a 1995. Além disso, foram

feitas previsões para o consumo de energia elétrica para a classe residencial relativo ao período de 1997 a 2005. Eles utilizaram para estas estimativas um modelo VEC.

Um estudo realizado por Giambiagi *et. al.* (2001) avaliaram as condições de oferta de energia elétrica do Brasil do período de 2001 a 2009. Os autores verificaram se a restrição de oferta de energia elétrica poderia vir a representar um problema para as perspectivas de crescimento econômico. A metodologia que os autores se basearam comportava uma análise de alguns indicadores econômicos, como: inflação, investimento estrangeiro, taxa de câmbio, balança comercial, déficit em conta corrente, entre outros, e a partir disso foi feita uma previsão para a taxa de crescimento do PIB brasileiro para o período de análise, o que os levou à conclusão que o Brasil apresentará um crescimento sustentável deste indicador.

Os autores não apresentaram em seu trabalho nenhum cálculo econométrico como também não apresentaram nenhuma estimativa para a elasticidade – preço e elasticidade – renda para demanda por energia elétrica.

Já o trabalho desenvolvido por Schmidt e Lima (2004) estima as elasticidades – preço e renda de longo prazo através de cointegração para a demanda por energia elétrica para as classes residencial, comercial e industrial. Os resultados encontrados foram de 0,539, 0,636 e 1,718 para a elasticidade renda de longo prazo respectivamente, e para a elasticidade – preço de longo prazo os valores foram -0,085, -0,174 e -0,129.

Além disso, foram realizadas previsões para o consumo de energia elétrica, vale ressaltar que os autores não consideraram em suas estimativas a classe de outros clientes¹ não sendo possível com isto estimar o total de demanda de energia elétrica. Schmidt e Lima (2004) fazem uma análise de cointegração

¹ O segmento de outros clientes compreende os serviços públicos (água, esgoto, saneamento, ônibus elétricos, tens elétricos e bondinhos), poderes públicos (municipal, estadual e federal), serviços de iluminação pública, rural e consumo próprio das empresas do setor elétrico.

usando a metodologia de Johansen², isto para o cálculo das elasticidades e para a elaboração das previsões de consumo de energia elétrica.

A crise de energia elétrica de 2001, que chegou a criar a necessidade de um programa de racionamento, fez aumentar as preocupações da sociedade brasileira com relação ao suprimento de energia para o futuro. Siqueira, Cordeiro Jr. e Castelar (2006), utilizaram uma metodologia já incorporando os efeitos desse racionamento ocorrido nos anos de 2001 e 2002, nas previsões de demanda por energia elétrica para as classes de consumo residencial, comercial e industrial na região Nordeste.

Para modelar a recuperação do consumo de energia elétrica no período pós-acionamento, os autores adotaram a hipótese de que o consumo converge para uma tendência de longo prazo. As estimações foram executadas através de dados anuais e a amostra cobriu o período 1970-2003. Os autores calcularam as elasticidades – preço e renda de longo prazo pelos métodos de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E) e Modelos Vetoriais Auto Regressivos (VAR/VEC) com correção de erros. Os resultados das previsões evidenciaram que o modelo proposto apresentou previsões melhores (menor erro percentual), demonstrando que as elasticidades variam no tempo e que o racionamento influencia as suas estimativas. Com relação à previsão da produção industrial existem alguns trabalhos documentados na literatura nacional, em destaque encontram-se alguns que citamos em seguida.

A atividade econômica é medida no Brasil pelo índice do produto da indústria geral que é mensal, e pelo PIB que é trimestral, mas para o qual é utilizada uma estimativa mensal³. A previsão da trajetória futura destas variáveis sinaliza as tendências de curto prazo da economia que são um elemento importante para a formação das expectativas dos agentes (MOREIRA; AMENDOLA, 1998).

² A metodologia Johansen propõe a utilização de um modelo VAR, isto é, uma modelagem de vetores auto-regressivos (VAR), para estimar os vetores de cointegração. (Schmidt e Lima, 2004).

³ Como não existe dados sobre o PIB mensal brasileiro, este foi construído com as mesmas séries e a mesma ponderação utilizada pelo PIB trimestral, mas com as séries mensais, exceto para o produto do comércio que foi calculado regredindo-o, com dados trimestrais, com o produto agropecuário e o da indústria de transformação e variáveis indicadoras sazonais.

Moreira e Amendola (1998) utilizaram um modelo auto-regressivo vetorial bayesiano (VAR) de variáveis que precedem as variáveis-alvo e um modelo dinâmico bayesiano que extrai e projeta as componentes de tendência, sazonalidade, ciclos da economia e da taxa de juros. Esses modelos foram utilizados na previsão do produto da indústria e do PIB brasileiro. Para estimar os modelos os autores utilizaram o algoritmo de cadeias de Markov estocásticas que obtém a distribuição a *posteriori* dos parâmetros e das demais estatísticas de interesse.

Os autores realizaram testes econométricos e compararam os modelos, chegando à conclusão que o modelo univariado seria o melhor modelo para prever o produto da indústria e para o PIB os dois modelos eram equivalentes.

Hollauer, Bahia e Issler (2006) avaliaram diferentes modelos econométricos de previsão para o PIB industrial, dentro da classe de modelos vetoriais auto-regressivos (VAR), em frequência trimestral, por vários procedimentos de teste e de modo intensivo. Foram aplicadas adicionalmente restrições de longo prazo advindas da cointegração entre as séries consideradas: o PIB industrial brasileiro, as taxas de juros longa e curta, a inflação, e a previsão dos saldos da indústria (proporção de firmas que crêem num aumento de produção no próximo trimestre, subtraída da proporção de firmas que crêem numa queda).

Os autores avaliaram ainda o poder preditivo dos diferentes modelos envolvendo essas variáveis a partir do uso de diferentes funções de perda (função dos erros de previsão de fora da amostra), que foram minimizadas, consideraram também a combinação das previsões de diferentes modelos.

A literatura de combinação de previsões utilizada foi a mesma iniciada por Bates e Granger (1969). O trabalho é um dos pioneiros no estudo de combinação de previsões, cujo princípio possibilita o aumento e a precisão das previsões através da complementaridade obtida em cada previsão individual

Concluíram que a utilização de vetores de cointegração defasados como previsores, o spread da taxa de juros longa e curta, o spread entre a taxa de juros e

a inflação e a previsão dos saldos da indústria melhora a capacidade preditiva dos modelos considerados e que a combinação dos diferentes modelos de previsão, seja por média aritmética simples ou por média ponderada, gerou, de forma geral, os melhores modelos de previsão para fora da amostra. Entretanto, houve casos em que modelos individuais tiveram um desempenho razoável e mesmo superior ao das combinações. O poder preditivo das variáveis em estudo pode ser encontrado nos trabalhos de Stock e Watson (1993) e Estrella e Mishkin (1999).

Diante dessa exposição, a principal contribuição desta pesquisa está relacionada à utilização de uma metodologia encontrada no trabalho citado anteriormente, (HOLLAUER; BAHIA; ISSLER, 2006), para a estimação dos Modelos Vetoriais Auto-regressivos (VAR), Cointegração e Modelos Vetoriais de Correção de Erros (VECM). Posteriormente, com base nesses modelos, serão geradas previsões para o período de 2011 e 2012, onde observaremos o melhor modelo de previsão da produção industrial do Ceará.

4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A proposta do estudo consiste em utilizar modelos de Vetores Auto Regressivos para analisar a relação entre a variável produção física mensal da indústria e o consumo de energia elétrica no estado do Ceará.

Existem inúmeros métodos que nos permitem obter estimativas de valores prospectivos, a partir do conhecimento do comportamento histórico das séries analisadas. Neste capítulo será abordado o modelo econométrico utilizado e os métodos de previsão mais comumente empregados para prever a produção industrial no Ceará de 2011 a 2012.

4.1 Base de Dados

A base de dados utilizada para a estimação do modelo tem periodicidade mensal e compreende o período que vai de janeiro de 2000 a novembro de 2010, resultando em 131 observações. Foram utilizados a produção industrial do Estado do Ceará, medida pelo Índice Mensal da Produção Industrial – PIMCE, sazonalmente ajustado, calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o consumo industrial de energia elétrica, em megawatts-hora (MWh), fornecido pela Companhia Energética do Ceará – Coelce.

Para a análise de estacionaridade é utilizado o teste de Dickey – Fuller Aumentado (ADF) para detectar a ocorrência de estacionaridade em cada série. No caso, das séries serem do tipo $I(0)$ passaremos para a análise multivariada aplicando o teste de Johansen (1988) e assim determinar a dimensão das relações cointegrantes entre as variáveis do modelo.

4.2 Modelo Econométrico

Segundo Soares (1991), todos os métodos estatísticos de séries temporais baseiam-se na idéia de que as observações passadas da série contêm informações sobre o seu padrão de comportamento futuro. A essência desses métodos consiste em identificar o padrão da série, separando-o do ruído contido nas observações individuais e utiliza-o para prevê os valores futuros da série.

Sims (1980) defendeu a premissa de que todas as variáveis devem ser tratadas simultânea e simetricamente. Além disso, ele procurou tornar os modelos multiequacionais capazes de analisar as inter-relações entre as variáveis macroeconômicas e seus efeitos a partir de “choques” que provocam ciclos na economia, isto é, esses modelos foram capazes de analisar a importância relativa de cada “surpresa” (ou inovações) sobre as variáveis do sistema macroeconômico; é a abordagem empírica que possibilita maior entendimento de como as variáveis macroeconômicas respondem a esses “choques”, simultaneamente. Portanto, o ponto de partida para estudos de modelos multivariados é tratar todas as variáveis simetricamente. Essa discussão levou à introdução de um novo método de abordagem de séries multivariadas, dando início à discussão do modelo de Vetores Auto-Regressivos (VAR).

4.3 Modelo VAR

A análise feita a partir deste modelo é realizada quando não se tem certeza, de fato, de qual variável é tida como exógena, ou seja, o modelo trata cada variável simetricamente. O modelo é composto por um vetor x_t , onde cada variável é afetada por realizações correntes das outras variáveis e passadas dela mesma e das outras variáveis.

O modelo VAR na forma estrutural é definido da seguinte forma:

$$Bx_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 x_{t-1} + \dots + \Gamma_p x_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Em que:

$B_{(n \times n)}$ = matriz que controla como as variáveis endógenas x_t são ligadas a cada outra contemporaneamente;

$\Gamma_0_{(n \times 1)}$ = vetor de interceptos;

$\Gamma_p_{(n \times n)}$ = matriz de coeficientes;

$\varepsilon_{t(n \times 1)}$ = matriz de termos estocásticos; $E(\varepsilon_t) = 0$, $\text{Var}(\varepsilon_t) = \sigma^2$ e $\text{Cov}(\varepsilon_t) = D$

Contanto que B^{-1} exista, então podemos reescrever esse processo na forma reduzida:

$$x_t = B^{-1}\Gamma_0 + B^{-1}\Gamma_1 x_{t-1} + \dots + B^{-1}\Gamma_p x_{t-p} + B^{-1}\varepsilon_t$$

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + \dots + A_p x_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Tal que:

$$A_0 = B^{-1}\Gamma_0$$

$$A_p = B^{-1}\Gamma_p$$

$\varepsilon_t = B^{-1}\varepsilon_t$ é um ruído branco com a matriz de variância/covariância $\Sigma = B^{-1}E(\varepsilon_t \varepsilon_t')B^{-1}$.

A vantagem do modelo Vetorial Auto-Regressivo (VAR) é que ele não necessita da identificação de modelos estruturais. Além disso, a aplicação de modelos VAR tem se mostrado superior em testes de desempenho de previsão. (HOLLAUER *et al.*, 2006).

O modelo estimado com as variáveis aplicadas neste trabalho toma a seguinte forma:

$$\begin{bmatrix} PIM \\ Energia \end{bmatrix}_t = A_0 + \sum_{i=1}^{\infty} A_i \begin{bmatrix} PIM \\ Energia \end{bmatrix}_{t-i} + B_0 D + \varepsilon_t$$

Sendo que B_0 é uma matriz de coeficientes e D é uma matriz de Dummy.

A matriz de dummy é empregada com o objetivo de observar o comportamento da produção no decorrer do ano, o que proporciona conhecer em que período a produção apresenta um melhor desempenho.

4.4 Testes de Raiz Unitária

Em estudos de series temporais é importante verificar se as variáveis em estudo apresentam estacionaridade, ou seja, se a média e a variância de cada série são constantes ao longo do tempo. O teste utilizado para avaliar se as séries são estacionarias é o teste Dickey-Fuller aumentado (ADF). O teste ADF se baseia na seguinte regressão:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

A hipótese nula de raiz unitária, $H_0: \gamma = 0$, pode ser testada através de uma estatística τ do parâmetro γ , utilizando-se os valores críticos sugeridos por Dickey-Fuller, uma vez que esta estatística de teste não segue a distribuição t de Student.

5 RESULTADOS

Este capítulo apresentará os resultados dos testes de raiz unitária e o modelo VAR estimado. O primeiro passo da análise empírica será identificar a estacionaridade ou não da série.

5.1 Raiz Unitária

A ideia básica do teste é considerarmos um modelo semelhante a um modelo auto-regressivo de primeira ordem de Markov e testar qual o comportamento de ρ . Segue a descrição da equação:

$$X_t = \rho X_{t-1} + \mu_t; -1 \leq \rho \leq 1$$

A série será estacionária se $|\rho| < 1$. Logo, qualquer choque aleatório que ocorrer será dissipado ao longo do tempo. Contudo, se $\rho = 1$ temos uma condição de não-estacionariedade, ou raiz unitária, e qualquer choque aleatório terá seu efeito acumulado ao longo da série.

A tabela 3 adiante demonstra os resultados desse teste, utilizando as estatísticas denominadas de Dickey-Fuller Aumentado (ADF). A hipótese nula do teste considera que a série tem raiz unitária, ou seja, que as variáveis são integradas ou “explosivas”.

Tabela 3 - Teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF)

Variável	Teste	P-valor	Resultado
PIMCE	Intercepto e Tendência	0.0520	Rejeita
ENERGIA	Intercepto e Tendência	0.0000	Rejeita

Fonte: Elaboração da autora

Nota: Hipótese nula é rejeitada ao nível de 5%. A extensão da defasagem foi obtida automaticamente através do critério de Schwarz.

As informações apresentadas na tabela 3 mostram que as variáveis PIMCE e Energia não apresentam raiz unitária ao nível de 5%, sendo, portanto estacionárias, ou seja, $I(0)$. O próximo passo será testar se há causalidade no sentido de Grange entre as duas variáveis.

5.2 Causalidade de Granger

O teste de causalidade de Granger é um teste que tem por objetivo saber se os valores defasados de uma variável X , por exemplo, tem alguma influência sobre os valores presentes de Y . Ou seja, estaríamos interessados em saber se X precede Y , ou Y precede X , ou se X e Y ocorrem simultaneamente.

Considere duas séries de tempo X_t e Y_t , o teste de causalidade de Granger assume que a informação relevante para a predição das variáveis X e Y está contida apenas nas séries de tempo sobre essas duas variáveis. Dessa forma, uma série de tempo estacionária X causa, no sentido de Granger, uma outra série estacionária Y se melhores predições estatisticamente significantes de Y podem ser obtidas ao incluirmos valores defasados de X aos valores defasados de Y . (CARNEIRO, 1997).

A hipótese nula do teste é que não há causalidade no sentido de Granger e a rejeição da hipótese é determinada pelo valor da estatística F . O teste encontra-se no anexo A e revelou que a variável PIMCE tem causalidade no sentido de Granger sobre a energia. A causalidade aplicada aqui se dá no sentido do quanto se produziu para determinarmos quanto será necessário de energia. No próximo item apresentaremos os resultados da estimação do VAR.

5.3 O Modelo VAR Escolhido

Prosseguindo em nossa análise, estimamos um Vetor Auto-Regressivo (VAR) com as séries de interesse. Utilizar um VAR significa que estamos estimando um modelo dinâmico em que todas as variáveis e seus valores defasados são considerados endógenos.

Na construção do modelo incluímos doze dummies (d1 a d12) para captar o desempenho das séries no decorrer do ano, possibilitando assim, observar qual mês tem o melhor desempenho e qual tem o pior.

Uma forma de escolher um critério para a escolha do número de defasagens é através do R2 ajustado que penaliza a perda de graus de liberdade que ocorre quando um modelo é expandido. Contudo, existem algumas dúvidas se essa penalização é suficientemente grande para garantir que o critério forneça necessariamente o modelo correto. Duas medidas de ajuste alternativas são o critério de Akaike (AIC) e o critério de Schwartz (BIC). Ambos os critérios de previsão têm suas virtudes, e não há uma vantagem evidente de um sobre o outro. O critério de Schwarz penaliza de forma mais severa os graus de liberdade perdidos fazendo com que escolhamos o modelo mais simples. (GREENE, 2003).

$$AIC(k) = s_y^2(1 - R^2)e^{2k/n} \quad (4)$$

$$BIC(k) = s_y^2(1 - R^2)e^{k/n} \quad (5)$$

Para definirmos o número de defasagem ótimo utilizamos o critério de Schwarz, com o intuito de observar até que ponto os valores passados dessas variáveis tem importância na explicação dos valores presentes. O resultado foi de que a defasagem ótima é de três períodos.

Para as previsões estimamos dois modelos, o primeiro com duas defasagens VAR(2) e o segundo com 3 defasagens VAR(3). Segue abaixo a representação dos modelos estimados.

$$\begin{bmatrix} PIM \\ Energia \end{bmatrix}_t = A_0 + A_1 \begin{bmatrix} PIM \\ Energia \end{bmatrix}_{t-1} + A_2 \begin{bmatrix} PIM \\ Energia \end{bmatrix}_{t-2} + \epsilon_t$$

$$\begin{bmatrix} PIM \\ Energia \end{bmatrix}_t = A_0 + A_1 \begin{bmatrix} PIM \\ Energia \end{bmatrix}_{t-1} + A_2 \begin{bmatrix} PIM \\ Energia \end{bmatrix}_{t-2} + A_3 \begin{bmatrix} PIM \\ Energia \end{bmatrix}_{t-3} + \epsilon_t$$

A tabela 4 mostra o Erro Quadrático Médio – EQM para os dois modelos.

Tabela 4 - Erro Quadrático Médio – EQM

Modelo 1	Modelo 2
61,24231	41,87835

Fonte: Elaboração da autora

Os valores dessa estatística são usados como medidas relativas para a comparação entre diferentes modelos de previsão, sendo que aquele modelo que apresentar o menor EQM fornece uma melhor medida de previsão. Os resultados mostram que o modelo 2, VAR(3) é o melhor modelo para prever o comportamento das séries para o período de 2011 e 2012. Seguem no anexo B os resultados dos dois modelos.

Os resultados do R^2 da estimação do modelo 2 mostram que o VAR como um todo explicaria os 89% (oitenta e nove por cento) das variações na produção industrial cearense. A estabilidade do modelo foi verificada e nenhuma das raízes do polinômio característico está fora do círculo unitário (Ver Anexo B).

5.4 Resultados de Previsão para a PIMCE

De acordo com a metodologia especificada no capítulo anterior, geramos um VAR(3) com o objetivo de realizar previsões para o comportamento da Produção Industrial do Ceará no período de 2011 e 2012.

Por meio da aplicação de Dummies podemos avaliar qual o comportamento do PIM no decorrer do ano, ou seja, podemos verificar qual o mês que apresenta um maior aquecimento do setor industrial e também qual o mês que apresenta o pior resultado. Abaixo segue uma tabela com os valores dos coeficientes estimados.

Tabela 5 - Coeficientes das Dummies

D1	D2	D3	D4	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
-1.098	0.020	1.686	1.341	0.874	0.170	0.020	1.019	-1.377	0.535	-0.217

Fonte: Elaboração da autora

Observando os coeficientes das dummies podemos notar que o mês em que a produção está mais aquecida é o mês de março seguido do mês de abril. Os meses com o pior desempenho são outubro e janeiro. Segue abaixo o gráfico com o resultado da previsão.

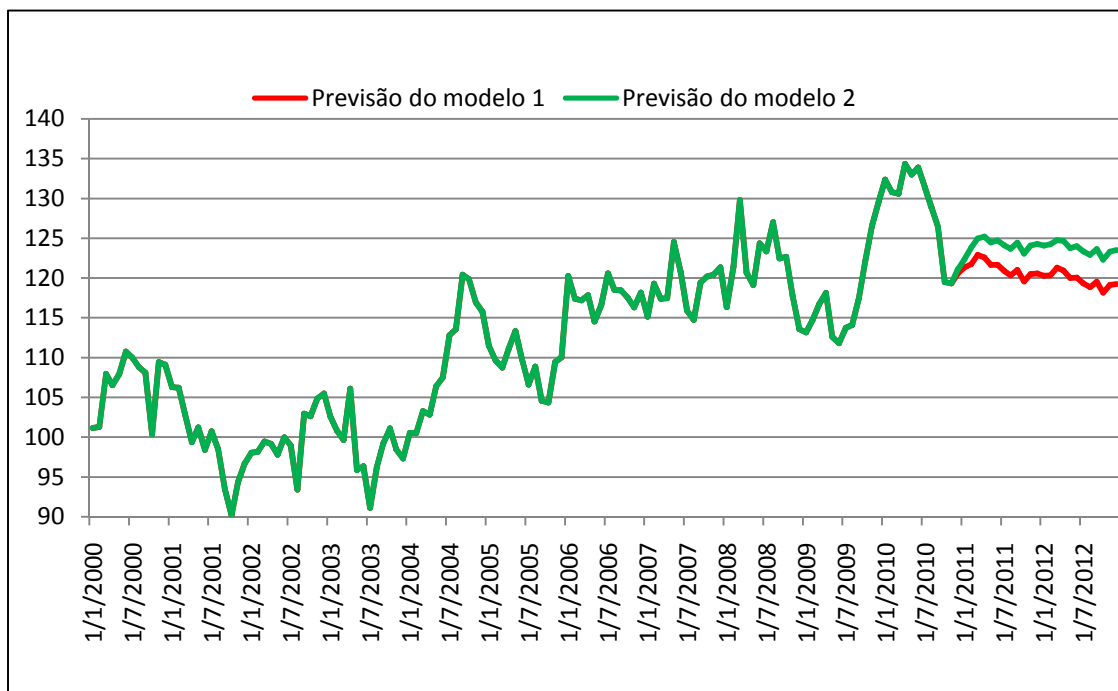


Gráfico 3 - Previsão da Produção Industrial Cearense, 2011-2012

Fonte: Elaboração da autora

Com base nas previsões realizadas, a partir do comportamento da PIMCE entre 2000 e 2010, esta deverá apresentar um comportamento crescente até 2012, em que chegará a um valor em torno de 3,9% do valor apresentado pela PIMCE em dezembro de 2010.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A previsão do comportamento futuro é de interesse de diversos setores relacionados à economia. Nesse trabalho estudamos o comportamento futuro do setor industrial do estado do Ceará e a sua relação com o consumo de energia.

O objetivo foi o observar a relação entre a Produção Industrial Cearense e a demanda por energia desse setor, através de um modelo dinâmico em que todas as variáveis e seus valores defasados são considerados endógenos. E, a partir disso, criar previsões para a produção industrial cearense no período de 2011 e 2012.

A estimação do modelo VAR mostrou que a defasagem ótima para a regressão eram de três períodos. O coeficiente de determinação R^2 para a regressão da PIMCE correspondeu a 89%, o que mostra que uma grande parcela dos valores dessa variável são explicadas pelas variáveis independentes.

Estimamos um VAR(3) com a inclusão de doze dummies, como resultados tivemos que o crescimento para 2012 da PIMCE ficará em torno de 3,9% do valor de dezembro de 2010. Isso possibilita aos governos e as concessionárias de energia tomar as melhores decisões diante desse aumento no consumo de energia ocasionado pelo aumento na produção industrial.

REFERÊNCIAS

AKMAL, M.; STERN, D. I. **Residential energy demand in Australia: an application of dynamic OLS**. Australia: Australian National University, Centre for Resource and Environmental Studies, Ecological Economics Program, 2001. (Working Papers in Ecological Economics, n. 0104).

ANDRADE, Thompson A.; LOBÃO, Waldir J. A. **Elasticidade-renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 1997. (Texto para Discussão, n. 489)

ARAGÃO, F. J. P. **O Impacto Social da Política de Incentivos Fiscais no Estado do Ceará - O Caso de Maranguape**. 2005. 105f. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas e Sociedade) – Centro de Humanidades e Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual do Ceará (UECE), Fortaleza, 2005.

ARARIPE, A. A. **Prevedo Inflação Usando Series Temporais e Combinações de Previsões**. 2008. 51f. Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia Empresarial) – Escola de Pós-Graduação em Economia, Fundação Getúlio Vargas (FGV), Rio de Janeiro, 2008.

BATES, J. M.; GRANGER, C. W. J. The combination of Forecasts. **Operations Research Quarterly**, v. 20, n. 4, p. 319-325, 1969.

BOX, George; GWILYM Jenkins; GREGORY Reisel. **Time Series Analysis, Forecasting and Control**. San Francisco: Holden Day, 1994.

CARNEIRO, Francisco Galvão. **A Metodologia dos Testes de Causalidade em Economia**. Brasília: Departamento de Economia, Universidade de Brasília. Texto Didático, 1997.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA (EPE) - Uma empresa do Ministério de Minas e Energia. Comissão Permanente de Análise e Acompanhamento do Mercado de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 03 jun. 2010.

ESTALL, R. C.; BUCHANAN, R. Ogilvie. **Atividade industrial e Geografia Econômica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, Hucitec, 1976.

ESTRELLA, A.; MISHKIN, F. S. Predicting U.S. recessions: financial variables as leading indicators. **Review of Economics and Statistics**, v. 80, p. 45-61, 1999.

FINN, M. G. **Energy Price Shocks, Capacity Utilization and Business Cycle Fluctuations**. Minneapolis: Institute for Empirical Macroeconomics, 1991.

GIAMBIAGI, Fabio *et al.* **O Cenário Macroeconômico e as Condições de Oferta de Energia Elétrica no Brasil**. Banco Nacional do Desenvolvimento – BNDES. Rio de Janeiro, 2001. (Texto para Discussão, n. 85).

GRANGER, C. W. J. **Forecasting in Business and Economics**. 2. ed. Academic Press, 1989.

GREENE, William H. **Econometric Analysis**. 5. ed. Prentice-Hall Inc., 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEORGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Indicadores IBGE – Pesquisa Industrial Mensal Produção Regional 2000-2010. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 jun. 2010.

LUCA, Márcia M. M. de; LIMA, Virginia F. L. Efeito dos Incentivos Fiscais no Patrimônio das Entidades eneficiarias do Programa FDI do Governo do Estado do Ceará. **Rev. Contemporânea de Economia e Gestão** (CONTEXTUS), v. 5, n. 1, jan/jun 2007.

MASIH, R.; MASIH, A. M. M. Stock-Watson dynamic OLS (DOLS) and error-correction modeling approaches to estimating long and short-run elasticities in a demand function: New evidence and methodological implications from an application to the demand for coal in Mainland China. **Energy**, v. 18, n. 4, p. 315-334, 1996.

MODIANO, E. M. **Elasticidade renda e preços da demanda de energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Departamento de Economia da PUC, 1984. (Texto para Discussão, n. 68).

MOREIRA, Ajax R.B; AMENDOLA, Elaine. **Comparação de modelos de previsão para o PIB e o produto da indústria**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 1998. (Texto para Discussão, n. 613).

SAED, A. A. J. Estimation of total energy consumption in Jordan 1980-1999: Evidence from co-integration and stock. **Journal of Economic & administrative Sciences**, v. 20, n. 1, p. 71-82, 2004.

SCHMIDT, Cristiane A. J.; LIMA, Marcos A. M. A demanda por energia elétrica no Brasil. **RBE**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 67-98, 2004.

SILK, J. I.; JOUTZ, F. L. Short and long-run elasticity's in US residential electricity demand: a co-integration approach. **Energy Economics**, v. 19, n. 4, p. 493-513, 1997.

SILVA, José Borzacchiello da. O algodão na organização do espaço. In: SOUZA, Simone de (coord.). **História do Ceará**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 1994.

SIMS, C. A. Macroeconomics and Reality. **Econometrica**, v. 48, n. 1, p. 1-48, 1980.

SIQUEIRA, Marcelo L., CORDEIRO JR., Herbertes H.; CASTELAR, Ivan. A demanda por energia elétrica no Nordeste brasileiro após o racionamento de 2001-2002: previsões de longo prazo. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 36, n. 1, p. 137-178, 2006

SOARES, Jose F.; FARIAS, Alfredo A; CESAR, Cibele C. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1991.

STOCK, J. H.; WATSON, M. W. A simple estimator of co-integrating vectors in higher order integrated systems. **Econometrica**, v. 61, n. 4, p. 783-820, 1993.

ANEXOS**ANEXO A – Teste de Causalidade de Granger**

Teste de Causalidade de Granger

Amostra: 2000M01 2010M11

Defasagens: 2

Hipótese Nula:	Obs	Estatística F	Probabilidade
ENERGIA não causa Granger PIMCE	129	0.86173	0.42494
PIMCE não causa Granger ENERGIA		10.1106	8.6E-05

ANEXO B - Modelo 1: VAR(2)

Vetor Autoregressivo Estimado
 Amostra (ajustada): 2000M03 2010M11
 Desvio Padrão () & Estatística t em []

	PIMCE	ENERGIA
PIMCE(-1)	0.820018 (0.09995) [8.20441]	7.688009 (192.805) [0.03987]
PIMCE(-2)	0.024719 (0.10065) [0.24561]	477.0184 (194.149) [2.45697]
ENERGIA(-1)	1.92E-05 (4.8E-05) [0.40091]	0.377522 (0.09247) [4.08263]
ENERGIA(-2)	6.57E-05 (4.8E-05) [1.37389]	0.224543 (0.09218) [2.43582]
C	3.986166 (3.79544) [1.05025]	7573.750 (7321.56) [1.03444]
D1	-0.137509 (1.68356) [-0.08168]	-9573.484 (3247.65) [-2.94782]
D2	1.120320 (1.61747) [0.69264]	-2422.985 (3120.16) [-0.77656]
D3	2.344406 (1.61886) [1.44818]	2845.461 (3122.85) [0.91117]
D4	0.923120 (1.60371) [0.57561]	-3618.275 (3093.63) [-1.16959]
D6	1.043591 (1.60469) [0.65034]	-1121.212 (3095.51) [-0.36221]
D7	0.073772 (1.58164) [0.04664]	2439.495 (3051.06) [0.79956]
D8	0.137715 (1.61858) [0.08508]	4074.992 (3122.30) [1.30512]
D9	0.971344 (1.65222) [0.58790]	1953.567 (3187.20) [0.61294]

D10	-1.133457 (1.64966) [-0.68708]	6145.598 (3182.27) [1.93120]
D11	0.904301 (1.72333) [0.52474]	4661.581 (3324.38) [1.40224]
D12	-0.024592 (1.75066) [-0.01405]	-9841.836 (3377.10) [-2.91428]
R ²	0.890998	0.822822
R ² ajustado	0.876528	0.799302
Soma dos quadrados dos residuos	1535.219	5.71E+09
Estatística F	61.57834	34.98500
Akaike AIC	5.562555	20.69211
Schwarz SC	5.917260	21.04682

Estabilidade

Raízes Características do Polinômio
 Variáveis Endógenas: PIMCE ENERGIA
 Variáveis Exógenas: C D1 D2 D3 D4 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12
 Especificação da defasagem: 1 2

Raízes	Modulo
0.967440	0.967440
0.457840	0.457840
-0.380594	0.380594
0.152854	0.152854

Não há raízes fora do círculo unitário.
 O modelo VAR satisfaz a condição de estabilidade.

ANEXO C - Modelo 2: VAR(3)

Vetor Auto-regressivo Estimado
 Amostra (ajustada): 2000M04 2010M11
 Desvio Padrão () & Estatística t em []

	PIMCE	ENERGIA
PIMCE(-1)	0.822162 (0.09967) [8.24900]	-18.35079 (189.839) [-0.09666]
PIMCE(-2)	0.038580 (0.12858) [0.30005]	430.5447 (244.908) [1.75799]
PIMCE(-3)	-0.056967 (0.10299) [-0.55311]	-46.17577 (196.175) [-0.23538]
ENERGIA(-1)	-7.66E-06 (5.2E-05) [-0.14837]	0.309487 (0.09831) [3.14816]
ENERGIA(-2)	5.99E-05 (5.1E-05) [1.16880]	0.146622 (0.09756) [1.50284]
ENERGIA(-3)	7.06E-05 (4.9E-05) [1.44142]	0.252609 (0.09324) [2.70911]
C	3.010313 (3.80916) [0.79028]	5626.341 (7255.38) [0.77547]
D1	-1.098183 (1.76104) [-0.62360]	-12409.66 (3354.27) [-3.69966]
D2	0.020666 (1.78818) [0.01156]	-6583.163 (3405.98) [-1.93282]
D3	1.687046 (1.64109) [1.02800]	1804.011 (3125.81) [0.57713]
D4	1.341462 (1.60620) [0.83518]	-2560.402 (3059.36) [-0.83691]
D6	0.874485 (1.60909) [0.54346]	-2251.310 (3064.87) [-0.73455]
D7	0.170057 (1.57450) [0.10801]	2444.535 (2998.98) [0.81512]

D8	0.020152 (1.61621) [0.01247]	3300.461 (3078.43) [1.07212]
D9	1.019781 (1.64093) [0.62147]	1803.235 (3125.50) [0.57694]
D10	-1.377082 (1.64747) [-0.83588]	5218.373 (3137.96) [1.66298]
D11	0.535267 (1.75258) [0.30542]	3230.407 (3338.17) [0.96772]
D12	-0.217180 (1.74421) [-0.12451]	-10547.06 (3322.23) [-3.17469]
R2	0.895412	0.833642
R2 ajustado	0.879249	0.807932
Soma dos quadrados dos resíduos	1471.530	5.34E+09
Estatística F	55.39703	32.42498
Akaïke AIC	5.561155	20.66533
Schwarz SC	5.962222	21.06640

Estabilidade

Raízes do Polinômio Característico

Variáveis Endógenas: PIMCE ENERGIA

Variáveis Exógenas: C D1 D2 D3 D4 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12

Especificação da defasagem: 1 3

Root	Modulus
0.982225	0.982225
-0.287281 - 0.449273i	0.533270
-0.287281 + 0.449273i	0.533270
0.453026 - 0.116899i	0.467865
0.453026 + 0.116899i	0.467865
-0.182067	0.182067

Não há raízes for a do círculo unitário.

O modelo VAR satisfaz a condição de estabilidade.