



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
CURSO DE MESTRADO EM ECONOMIA APLICADA

STANLEY WAGNER LINS DOS SANTOS

A EFICIÊNCIA DA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO

Maceió
2013

STANLEY WAGNER LINS DOS SANTOS

A EFICIÊNCIA DA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Economia-PPGE, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. André Maia Gomes Lages

Maceió

2013

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos

S237e Santos, Stanley Wagner Lins dos.
A eficiência da indústria petroquímica : um estudo de caso / Stanley Wagner
Lins dos Santos. – 2013.
84 f. ; il.

Orientador: André Maia Gomes Lages.
Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Alagoas.
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Maceió, 2013.

Bibliografia: f. 80-82.
Glossário: f. 83.
Anexos: f. 84.

1. Indústria petroquímica. 2. Insumos – Especificidade. 3. Cobb-Douglas –
Função. 4. Ativos integrados. 5. Ativos – Eficiência. I. Título.

CDU: 338.3:665.6

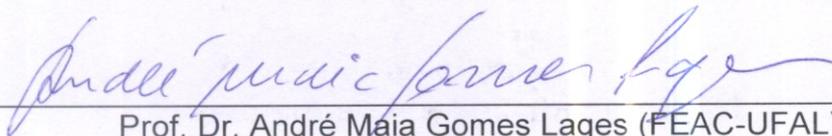
Universidade Federal de Alagoas
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade
Programa de Pós-Graduação em Economia

“A Eficiência da Indústria Petroquímica: Estudo de Caso”

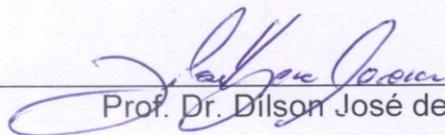
STANLEY WAGNER LINS DOS SANTOS

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 15 de maio de 2013.

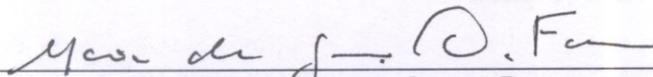
Banca Examinadora:



Prof. Dr. André Maia Gomes Lages (FEAC-UFAL)
(Orientador)



Prof. Dr. Dilson José de Sena Pereira (FEAC-UFAL)
(Examinador Interno)



Profa. Dra. Maria da Graça Derengowski Fonseca (UFRJ)
(Examinador Externo)

À minha família, que com amor, dedicação e carinho aturou minha ausência durante todo o período de elaboração deste trabalho, em especial à minha esposa e aos meus filhos Nathalia Gabriela e Gabriel Filipe.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. André Maia Gomes Lages por ter me orientado e dado apoio na busca da ideia a ser desdobrada nestas páginas;

Ao professor Dr. Dilson Senna por ter diluído minhas dúvidas e ter estado sempre apostos quando necessitei;

À Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade Federal de Alagoas onde iniciei o desbravamento deste novo universo acadêmico;

Aos amigos da Braskem S.A. por terem se mostrado sempre solidários nos momentos em que precisei.

Não me entrego sem lutar tenho ainda coração,
Não aprendi a me render que caia o inimigo então.

Renato Russo

RESUMO

A indústria petroquímica tem os hidrocarbonetos derivados do petróleo e o gás natural como suas principais fontes de matéria prima. Porém, as cadeias constituintes de cada segmento de atividade possuem características distintas muitas vezes advindas da necessidade de se produzir de forma cada vez mais eficiente. O objetivo deste trabalho é verificar algumas particularidades dos insumos utilizados no processo de produção de monocloreto de vinila da Braskem S.A. Dessa forma, a partir da análise de duas modelagens econométricas distintas, uma contendo insumos com maior grau de especificidade e integrados à empresa, e a outra com ativos com baixa especificidade e produzidos extra firma, pretende-se validar a hipótese de que quanto mais específicos são os ativos maiores são os incentivos para integração dos mesmos aos processos produtivos devido à necessidade de torná-los tecnicamente mais eficientes. Desse modo, a partir da utilização da forma funcional Cobb Douglas, verificou-se que os ativos integrados à empresa apresentam um melhor ajustamento, além de que, ao utilizar um teste de restrição dos coeficientes no modelo de regressão, observou-se que a modelagem com ativos integrados apresenta retornos crescentes de escala, o que faz com que tais ativos pareçam ser mais eficientes do ponto de vista produtivo que os ativos não integrados que apresentam retornos constantes de escala.

Palavras-chave: Indústria. Especificidade. Cobb Douglas. Integrados. Eficientes.

ABSTRACT

The petrochemical industry has hydrocarbons derived from petroleum and natural gas as its main raw material sources. However, the constituent chains of each segment of activity have distinct characteristics often stemming from the need to produce ever more efficient. The aim of this work is to verify some particularities of inputs used in the production of vinyl monochloride Braskem SA. Thus, from the analysis of two distinct econometric modeling, containing inputs with greater specificity and integrated into the company, and the other with assets with low specificity and produced extra firm, aims to validate the hypothesis that the more specific the assets are greater the incentives for integrating them into the production process due to the need to make them technically more efficient. Thus, from the use of a functional Cobb Douglas, it was found that the active integrated into firm show a better fit, and, when using a test constraint coefficients in the regression model, it was noted that modeling integrated with active displays increasing returns to scale, which means that such assets appear to be more efficient from the standpoint of production than assets that present constant returns to scale.

Keywords: Industry. Specificity. Cobb Douglas. Integrated. Efficient.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processos Existentes na Cadeia de Produção.....	31
Figura 2 - Gráfico Dicloroetano	54
Figura 3 - Gráfico Eteno.....	54
Figura 4 - Gráfico Vapor de 42 Kgf/cm ²	54
Figura 5 - Gráfico Vapor de 15 Kgf/cm ²	54
Figura 6 - Gráfico MVC	54
Figura 7 - Gráfico Gás Combustível.....	54
Figura 8 - Gráfico Energia Elétrica	54
Figura 9 - Gráfico Nitrogênio.....	54
Figura 10 - Tempo de operação em horas	55
Figura 11 - Gráfico Água Clarificada	55
Figura 12 - Correlograma Água Clarificada	57
Figura 13 - Correlograma Dicloroetano	57
Figura 14 - Correlograma Energia elétrica	57
Figura 15 - Correlograma Eteno.....	57
Figura 16 - Correlograma Gás Combústivel.....	58
Figura 17 - Correlograma Nitrogênio.....	58
Figura 18 - Correlograma das Horas em Operação	58
Figura 19 - Correlograma Vapor de 15 Kgf/cm ²	58
Figura 20 - Correlograma Vapor de 42 Kgf/cm ²	59
Figura 21 - Correlograma de Produção MVC	59
Figura 22 - Correlograma Água Clarificada	65
Figura 23 - Correlograma Dicloroetano	65
Figura 24 - Correlograma Energia elétrica	66
Figura 25 - Correlograma Eteno.....	66
Figura 26 - Correlograma Gás Combústivel.....	66
Figura 27 - Correlograma Nitrogênio.....	66
Figura 28 - Correlograma das Horas em Operação	67
Figura 29 - Correlograma Vapor de 15 Kgf/cm ²	67
Figura 30 - Correlograma Vapor de 42 Kgf/cm ²	67
Figura 31 - Correlograma de Produção MVC	67
Figura 32 - Fluxograma da parte da cadeia produtiva da planta de MVC	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Intervalo de confiança para ρ_k do correlograma amostral grupo	59
Tabela 2- Intervalo de confiança para ρ_k do correlograma amostral grupo	61
Tabela 3- Teste de Dickey e Fuller aumentado	64
Tabela 4- Teste de Dickey e Fuller aumentado	68
Tabela 5- Modelo de regressão com ativos integrados	72
Tabela 6- Teste de Breusch Goodfrey para o modelo 1	73
Tabela 7- Modelo de regressão com ativos não integrados	75
Tabela 8- Teste de Breusch Goodfrey para o modelo 2	76
Tabela 9- Teste de restrição dos coeficientes	77

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1 BREVE HISTÓRICO SOBRE O SURGIMENTO DA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA	16
1.1 No Brasil.....	16
1.2 Em Alagoas	19
2 PROBLEMA DE PESQUISA, HIPÓTESE E OBJETIVOS	24
2.1 Problema de pesquisa.....	24
2.2 Hipótese	24
2.3 Objetivos	25
3 REVISÃO DE LITERATURA	27
4 REFERENCIAL TEÓRICO	30
4.1 Integração Vertical.....	30
4.2 Teoria da Firma	35
4.3 Teoria do Custo de Transação.....	38
5 REFERENCIAL ANALÍTICO	42
5.1 Modelos de Regressão Linear Simples	42
5.2 Econometria das Séries Temporais.....	44
5.3 Testes de Estacionariedade	45
5.4 Análise de Previsão com Séries de Tempo.....	46
5.5 A função de Produção	47
5.6 Produtividades Média e Marginal	48
5.7 Retornos de Escala	49
5.8 Economias de Escopo.....	50
5.9 A Função de Produção Cobb Douglas	51

6 A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO	53
6.1 Análise dos Dados Brutos	53
6.2 Análise dos Dados Linearizados	64
6.3 O Processo de Produção do MVC.....	68
6.4 A Função de Produção Estimada	70
CONCLUSÃO	78
REFERÊNCIAS	80
GLOSSÁRIO	83
ANEXO	84

INTRODUÇÃO

A indústria petroquímica brasileira é um ramo de atividade que tem nos hidrocarbonetos derivados do petróleo e no gás natural suas principais fontes de matéria-prima. De certa forma, segundo Suarez (1983), a primeira fase de evolução dessa indústria ocorreu entre 1948 e 1964. Embora a primeira planta petroquímica no Brasil tenha entrado em operação em 1948, foi a construção da Petrobrás em 1952, por consequência de um forte movimento nacionalista, o marco inicial de todo processo de desenvolvimento desse ramo industrial.

Observa-se, ainda, segundo o referido autor, que durante a década de 1950 formou-se no Brasil um modelo direcionado para o desenvolvimento econômico, que buscava de forma direta a participação de empresas multinacionais no processo de industrialização. Nesse quadro, tentou-se direcionar esse processo para o setor de bens de consumo duráveis, visando o mercado interno.

Nesse contexto, a indústria petroquímica pode ser considerada como um segmento da indústria pesada, que se destaca como um dos maiores catalisadores da diversificação e fortificação industrial de um país, por englobar diversos processos encadeados logicamente, com o intuito de prover mecanismos dinâmicos de produção. Pode-se também verificar, a partir da análise de Torres (1997), que a petroquímica é o ramo industrial de mais alto poder germinativo e mais alto relacionamento com os outros setores da atividade econômica.

No tocante ao setor em que a indústria petroquímica está inserida, observa-se que o mesmo passou por um processo de integração vertical, desde o seu surgimento no Brasil, momento este em que o país contava com pequenas fábricas subsidiárias de empresas privadas multinacionais. Um outro aspecto relevante é que, entre final da década de 40 até 1964, foram lançados os primeiros empreendimentos estatais (MONTENEGRO, 2002).

Já durante meados de 1970 até 1990, segundo Torres (1997), ocorreu um processo de descentralização e expansão produtiva, quando foram construídos os polos de Camaçari (BA), em 1982, Triunfo (RS), em 1982, Maceió (AL), em 1989, e finalmente, a partir da década de 1990, um novo processo evolucionário dessa indústria vem transcorrendo com privatizações, aquisições e fusões, iniciando um novo período de expansão que objetiva aproveitar as potencialidades locais consolidando esse forte segmento econômico industrial.

Desse modo, entender o que agrega valor em determinados processos de produção torna-se extremamente essencial para esse setor frente aos diversos cenários encontrados. A análise dos fluxos produtivos e das oportunidades de ganhos de escala que ocorrem quando determinada expansão da capacidade produtiva da planta industrial causa um aumento dos custos de produção menor que proporcionalmente ao produto, impactando em menores custos médios no longo prazo, parece ser uma alternativa viável para o crescimento da firma.

Em outras palavras, segundo Takayama (1993), se $f(x)$ for considerada uma função de produção e $C(w,y)$ representar a função custo obtida pelas tradicionais técnicas de minimização de custos com $w > 0$, sendo o vetor de preços fixos, então $\Theta(y) \equiv (\delta C / \delta y) / (C/y) = MC/AC$, que representa a elasticidade custo do produto, e é uma medida para os retornos de escala, ou seja: (I) se $\Theta < 1$ prevalecem retornos crescentes de escala, (II) se $\Theta > 1$ prevalecem retornos decrescentes de escala e se (III) $\Theta = 1$ prevalecem retornos constantes de escala.

Observa-se então que no caso (I) um incremento na produção da ordem de 1% provoca um delta de aumento nos custos menor que 1%. No caso (II), o inverso é verdadeiro: quando há uma elevação no produto correspondente à variação de 1%, os custos elevam-se a valores superiores a 1% de delta. Já no caso dos retornos constantes visto em (III), um incremento da ordem de 1% no produto ocasiona uma variação positiva de 1% nos custos de produção.

Outro aspecto interessante que ocorre na indústria petroquímica é que a mesma está estratificada em setores, o que segundo Gomes, Dvorsak e Heil (2005) significa dizer que ela subdivide-se em três segmentos:

Primeira Geração— Empresas produtoras de petroquímicos básicos, produtos resultantes da primeira transformação de correntes petrolíferas (nafta, gás natural, etano etc.) por processos químicos (craqueamento a vapor, pirólise, reforma a vapor, reforma catalítica etc.). Os principais produtos primários são as olefinas (eteno, propeno e butadieno) e os aromáticos (benzeno, tolueno e xilenos). Secundariamente, são produzidos ainda solventes e combustíveis.

Segunda Geração— São as produtoras de resinas termoplásticas (polietilenos e polipropilenos) e de intermediários, produtos resultantes do processamento dos produtos primários, como MVC, acetato de vinila, TDI, óxido de propeno, fenol, caprolactama, acrilonitrila, óxido de eteno, estireno, ácido acrílico etc. Esses intermediários são transformados em produtos finais petroquímicos, como

PVC, poliestireno, ABS, resinas termoestáveis, polímeros para fibras sintéticas, elastômeros, poliuretanas, bases para detergentes sintéticos e tintas etc.

Terceira Geração– São as empresas de transformação que fornecem embalagens, peças e utensílios para os segmentos de alimentação, construção civil, elétrico, eletrônico, automotivo, entre outros. As empresas transformadoras localizam-se, em geral, próximas ao mercado consumidor.

Assim sendo, este mercado apresenta como característica global a organização em polos o que de certo modo ocorre com intuito de aproveitar-se das sinergias referentes à logística, infraestrutura e integração operacional, o que contribui para minimização dos custos, principalmente os chamados custos de transação. Segundo Williamson (1975), tais custos são os enfrentados pelos agentes quando recorrem ao mercado, seja para adquirir equipamentos, insumos ou serviços, ou quando estabelecem uma interface com outro agente. Os custos de transação envolvem os custos de negociar, redigir ou garantir o cumprimento de um contrato (formal ou informal). Associado a isso estão também os custos de coletar e processar as informações.

Portanto, esta dissertação apresentará dois modelos econométricos utilizando a forma funcional Cobb Douglas e a partir destes irá analisar os efeitos das variáveis independentes, insumos integrados no modelo 1 e insumos não integrados no modelo 2, com relação à produção de monocloreto de vinila. Espera-se com isso validar a hipótese de que a função que apresenta retornos crescentes de escala está associada à existência de ativos específicos integrados à planta produtiva.

Para tal fim, este trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo dará uma ideia ao leitor sobre o surgimento e evolução do setor petroquímico no Brasil e em Alagoas, abordando aspectos históricos e econômicos observados ao longo do período evolucionário dessa indústria.

No capítulo dois, são apresentados a hipótese, o problema de pesquisa e os objetivos deste trabalho, servindo como um guia para o que se pretende desenvolver ao longo destas páginas.

Já no terceiro capítulo, se fará uma revisão da literatura acerca da modelagem Cobb Douglas. Para tanto, se demonstrará duas regressões econométricas – a primeira desenvolvida por Leite (2007) em um artigo aplicado em que analisa dados referentes a capital, trabalho e tecnologia coletados junto à

Petrobrás; e o segundo trabalho trata da abordagem de Soares, Silva e Lima (2004), no qual os autores analisaram a função de produção da indústria brasileira de celulose a partir das variáveis explicativas terra, trabalho e capital.

No quarto capítulo, é apresentado o referencial teórico explanando a visão de Carlton *and* Perlof (2000) sobre integração vertical, a teoria da firma de Coase (1937) e a teoria dos custos de transação à luz de Williamson (1975), além de fazer referências a North (1990) e a Akerlof (1970) perfazendo um aparato teórico que será bastante útil no entendimento da hipótese proposta.

No quinto capítulo, é exposto o referencial analítico revisitando a teoria microeconômica utilizada nas funções estimadas e a econometria abordada na análise dos modelos de mínimos quadrados ordinários contemplando um esboço teórico sobre os dados em séries temporais.

Por fim, no capítulo seis, são apresentados a análise dos dados brutos, em primeira diferença, o processo de produção de monocloreto de vinila e as funções de produção estimadas fornecendo subsídios para o desfecho final abordado na conclusão desta dissertação.

1 BREVE HISTÓRICO SOBRE O SURGIMENTO DA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA

1.1 No Brasil

A indústria petroquímica surgiu nos Estados Unidos em 1920 a partir da produção de isopropanol e glicol pela Union Carbide. Seu desenvolvimento aconteceu em um primeiro instante durante a segunda guerra mundial quando existiu grande demanda de produtos estratégicos como o Tolueno e Glicerina para explosivos. Observou-se também que no período de 1940 a 1950 houve um aumento considerável na produção de petroquímicos liderado pelos Estados Unidos da América.

Já no período que compreende o pós-guerra, segundo Torres (1997), verificou-se que o continente europeu começou a utilizar a Nafta como matéria-prima petroquímica, substituindo os subprodutos do carvão e fomentando um ramo industrial que hoje opera em pleno desenvolvimento graças as suas características peculiares de ser intensivo em capital e flexibilidade tecnológica.

No Japão, o setor petroquímico teve seu surgimento em 1955 e seu desenvolvimento atrelado ao crescimento dos incentivos à produção de petroquímicos básicos que, graças a preços mais competitivos no mercado internacional, impulsionaram o setor rumo ao crescimento econômico e, logo após a década de 1970, elevaram o país ao posto de segundo maior produtor da indústria petroquímica mundial.

A atividade petroquímica brasileira, nesse contexto, surgiu de forma semelhante ao resto do mundo, teve seu desenvolvimento estabelecido principalmente no estado de São Paulo, onde já existiam instaladas, nos primeiros anos de 1950, duas fábricas de poliestireno, uma de plásticos Kopers e uma da Bakol, que operavam com matéria-prima importada (TORRES, 1997). Havia em operação também, em Ribeirão Pires, uma fábrica de policloreto de vinila (PVC) das Indústrias Químicas Eletrocloro, que produzia o monocloreto de vinila (MVC) a partir do acetileno, rota de produção extremamente poluente, e que, anos mais tarde, graças aos investimentos em pesquisa e desenvolvimento P&D, foi substituída pela rota de produção a partir da Nafta.

Vale ainda ressaltar que outro fator contribuinte para que o estado de São Paulo fosse um dos pioneiros na indústria petroquímica brasileira foi a existência de um parque fabril metal mecânico. Isso significava, segundo Lages e Cavalcante (1994), ser composto por um setor de bens de capital capacitado a fornecer um importante suporte técnico às indústrias petroquímicas e correlatas.

O período de crescimento significativo do setor petroquímico nacional ganhou substância a partir de 3 de outubro de 1953 com a criação da Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A. – pois o setor passou a contar com uma empresa de grande porte que demonstrara competência em lidar com a coordenação desse segmento da indústria brasileira.

O efeito multiplicador inerente às instalação de refinarias de petróleo foi visto mais precisamente no final da década de 50, quando algumas unidades industriais que consumiam produtos derivados da refinação do petróleo foram instaladas em alguns conglomerados industriais, a exemplo de:

- Companhia Brasileira de Estireno CBE (subsidiária da Koppers Co. Inc.)- Produção de estireno a partir do Eteno;
- Union Carbide do Brasil (Subsidiária da Union Carbide Americana)- Produção de polietileno de baixa densidade a partir do Eteno 1958;
- Companhia Petroquímica Brasileira (COPEBRÁS- subsidiária da Celanese Corp. Americana)- Produção de negro de fumo a partir do resíduo Aromático (1958);
- Alba S.A (subsidiária da Borden Americana)- Produção de metanol a partir do óleo combustível (1958).

Nesse momento, segundo Torres (1997), a legislação que estabelecia o monopólio estatal do petróleo não explicitava claramente se a petroquímica estava ou não inclusa nele. Desse modo, o CNP- Conselho Nacional do Petróleo, em 1954, baixou a resolução que a petroquímica brasileira caberia tanto quanto possível à iniciativa privada, o que de fato ocorreu com exceção das refinarias.

Porém, em 1957, devido ao risco de monopolização do setor por grupos estrangeiros, o CNP criou nova resolução facultando à Petrobrás a produção e comercialização dos petroquímicos básicos, produtos indispensáveis para consolidação dos complexos petroquímicos, ao mesmo tempo em que deu prioridade à distribuição desses produtos às empresas com maior aporte de capital nacional.

Observa-se, também, segundo Torres (1997), que nada acontecia de significativo no setor petroquímico nacional fora do eixo Rio-São Paulo até a década de 1960, sendo a única exceção a constituição da companhia Pernambucana de Borracha Sintética (COPERBO), que construiu na região do Cabo, próxima a Recife, em Pernambuco, uma fábrica de borracha de polibutadieno utilizando-se na etapa de produção de butadieno e do álcool etílico disponível na região.

Contudo a partir de 1970, segundo Lages e Cavalcanti (1994), verificou-se em Camaçari, Bahia, mais precisamente na área de influência da RLAM, refinaria Landulpho Alves, a implantação do polo petroquímico de Camaçari, consolidando um conglomerado de unidades petroquímicas, cujo principal insumo seria a nafta oriunda do gásóleo.

Ainda durante as décadas de 1970 e 1980, o desenvolvimento do setor petroquímico ocorreu dentro do modelo Tripartite que, segundo Pelai e Silveira (2008), constituiu-se de um arranjo institucional de cooperação entre atores estatais e privados que se desenvolveu, caracterizado por: a) polos formados por diversas firmas não integradas patrimonialmente; b) grupos de pequeno porte econômico com participações acionárias em várias firmas.

Suarez (1983) descreve que o modelo tripartite pode ser entendido como um tripé articulado entre o estado, por meio das empresas estatais, do empresariado nacional e das firmas multinacionais, em que cada agente se posiciona dentro da economia, conforme suas vantagens comparativas em relação aos demais.

Sendo assim, as firmas multinacionais concentram-se em torno do setor de bens de consumo duráveis. Por outro lado, devido à complexa tecnologia empregada e ao elevado montante de capital exigido, as empresas estatais atuam na infraestrutura básica necessária ao processo de industrialização, nos projetos de longo tempo de maturação e baixa lucratividade. Por fim, o empresariado nacional se vê deslocado das áreas mais dinâmicas da indústria, formando sua hegemonia no setor de bens de consumo não duráveis ou voltando-se para o setor financeiro e comercial.

Um aspecto interessante é que, devido ao modelo de governança adotado e à fragilidade do capital nacional, formou-se no Brasil um quadro em que vários grupos de capital privado tornavam-se mutuamente sócios e rivais, tendo uma estrutura de coordenação cada vez mais agravada por interesses distintos explicitados por acordos de acionistas que conferiam poder de veto aos minoritários,

de modo que a aprovação de decisões estratégicas como fusões, investimentos e liquidações demandava a unanimidade dos votos.

Nesse contexto, segundo Pelai e Silveira (2008), o poder conciliatório da Petroquisa (braço petroquímico da Petrobrás criada em 1967 para conciliar os interesses públicos e privados) era crucial, além de que o papel do estado na regulação e planejamento integrado na petroquímica por meio da comissão de desenvolvimento integrado CDI era de fundamental importância.

No período que compreende a década de 1990, observou-se uma nova mudança na estrutura organizacional da indústria petroquímica brasileira, consequência da criação de um vácuo institucional que gerou fragilidades expostas com as reformas liberalizantes com os programas de desestatização, desregulamentação, além de abertura comercial. Esse quadro resultou em perda da função conciliatória da Petroquisa nas divergências de interesses entre players privados e a extinção da CDI, o que significou: (i) eliminação dos mecanismos de governança responsáveis pelo equacionamento dos custos de transação e de agência decorrentes da estrutura de propriedade complexa; (ii) perda de coordenação para planejamento a longo prazo e para seleção de projetos.

Observou-se também que o processo de abertura comercial aumentou a exposição das firmas às flutuações de preços e lucros característicos do seguimento petroquímico mundial, o que agravou ainda mais as deficiências do setor como dificuldades em adaptação via ajustes de capacidade produtiva e elevados custos administrativos, comerciais e tributários.

Por conseguinte, o plano nacional de desestatização culminou com a redução da participação da Petroquisa nas Joint Ventures tripartites, o que foi uma oportunidade para grupos privados melhorarem seu posicionamento na cadeia, isto é, elevarem sua participação no capital das centrais petroquímicas e removerem sócios para assumir o controle exclusivo dessas empresas a jusante.

1.2 Em Alagoas

O surgimento da primeira firma petroquímica em Alagoas está associado à existência das jazidas de Sal Gema, matéria-prima utilizada para obtenção da soda cáustica e do cloro, descobertas em Alagoas no ano de 1943. Tal fato deveu-se, segundo Lustosa (1997), ao empresário Eivaldo Luz, que notou fragmentos do

mineral ao realizar manutenção em equipamentos utilizados para perfuração de poços de petróleo na região.

Em 1964, o empresário Euvaldo Luz requereu a concessão para exploração das minas de sal gema. No ano seguinte, iniciou alguns estudos geológicos que delimitaram a existência de uma jazida com 3 bilhões de toneladas, com 99,8% de halita, pureza esta considerada ideal para produção dos petroquímicos básicos. O feito, que culminou nos dias de hoje com a existência da Braskem, empresa líder na América Latina no segmento de resinas termoplásticas, ocorreu graças a persistência do empresário baiano, que aguardou expirar a concessão que outrora fora dada a uma empresa estrangeira para dar o pontapé inicial da primeira empresa alagoana de grande porte fora do segmento sucroalcooleiro.

Ainda em 1966, com o intuito de atrair recursos para exploração das minas de sal gema, foi criada a Salgema – Indústrias Químicas S.A., com tecnologia de eletrólise à base de células a diafragma e capacidade produtiva de 220 a 250 mil t/ano, com o objetivo de suprir as demandas por soda cáustica e cloro da Dow Química S.A. e da Companhia Petroquímica de Camaçari- CPC, ambas situadas no estado da Bahia, e das indústrias de celulose do Sul do País.

O empreendimento da indústria de cloro-soda em Alagoas foi recebido com grande expectativa. Havia a esperança de que a empresa atraísse mais de 50 firmas petroquímicas de segunda geração, vindo a suprir a lacuna deixada após o estado perder a sede da Petrobrás para Sergipe, o que seria a redenção para o governo após a perda de prestígio causada por esse fato.

Porém, o empreendimento audacioso nem começara e já se deparava com alguns problemas de ordem técnica, dentre os quais se destacavam a falta de domínio da tecnologia de transporte do cloro e a resistência da Marinha em aceitar o transporte desse componente por via marítima como uma operação segura. Segundo Lustosa (1997), a medida paliativa adotada na época foi a queima do cloro e a diluição do ácido clorídrico para ser lançado em alto mar, através de um emissário marítimo. Além disso, a localização da fábrica dentro da área urbana de Maceió, praticamente, causava apreensão e desconfiança por parte da população.

Contudo, a Petroquisa demonstrou interesse particular nesse empreendimento e vislumbrou a possibilidade de integrar a cadeia petroquímica do cloro construindo uma unidade de EDC (dicloroetano), que é largamente utilizado como insumo principal na fabricação de monocloreto de vinila, matéria-prima

utilizada na produção da resina de PVC, o que acabaria dando um destino ambientalmente aceitável ao cloro gerado.

Em 1975, segundo Brandão (2012), durante a gestão do governo Divaldo Suruagy, elaborou-se o plano de ação governamental para 1976-1979. A elaboração desse documento teve por objetivo tentar organizar a implantação da atividade industrial no estado de Alagoas dando ênfase à consolidação do polo petroquímico de extração da Salgema, atividade esta considerada estratégica para o desenvolvimento do estado.

Nesse contexto, a nova unidade de produção de EDC foi implantada em 1979, e contava com capacidade para produzir 300 mil t/ano. Seu insumo básico, como já relatado anteriormente, era o cloro gerado na Salgema, que outrora estava sendo queimado por falta de consumidor. Porém, para fechar o balanço de massa da unidade, seria necessário outro insumo, o Eteno, que a princípio viria do polo petroquímico de Camaçari e posteriormente seria obtido através da rota alcoolquímica.

Para Lages e Cavalcanti (1994), as questões inerentes à competitividade e complementaridade fabril do álcool oriundo da cana de açúcar, do petróleo e do gás natural, no contexto da economia brasileira, demandam ainda certos esclarecimentos. Os autores observam que a grande expansão do álcool no Brasil, na segunda metade dos anos setenta, com o advento do Proálcool, programa nacional do álcool, que visava a substituição dos combustíveis veiculares derivados do petróleo por álcool, passou a ter naquela época crescente importância para o setor petroquímico nacional.

Desse modo, verificou-se que a planta de dicloroetano a partir do álcool canavieiro conciliava os interesses do setor sucroalcooleiro com a petroquímica alagoana. Segundo Brandão (2012), porém, tal associativismo mostrou-se nocivo para o estado, pois a não ruptura com a economia agrícola local acabou não propiciando a chegada de outras indústrias na região.

Deve-se também ressaltar que a produção de etanol está intimamente ligada à produção de açúcar, fato este que contribuiu com a grave crise de abastecimento do álcool ocorrida no país entre 1989 e 1990. Importa ainda observar que a queda nos preços do petróleo e a elevação dos preços do açúcar no mercado internacional a partir de 1980 motivaram os produtores da indústria canavieira a direcionarem

seus esforços para esse produto, o que, segundo Gatti (2010), provocou o desabastecimento do mercado interno do álcool.

Nesse período, a rota EDC, a partir do álcool, tornou-se inviável, tanto por questões de abastecimento quanto devido à queda de preços do barril de petróleo, tornando a nafta mais competitiva na produção do eteno, insumo utilizado na cadeia do EDC, o que culminou no redirecionamento produtivo do dicloroetano para a nafta, caracterizando uma dependência do polo petroquímico alagoano ao de Camaçari que fornece esse insumo através de dois dutos que ligam as duas fábricas.

Outro fato relevante que, segundo Lustosa (1997), contribuiu com o retardo na implantação de um polo petroquímico em Alagoas foi o fato de que a unidade de EDC estava instalada em uma região de restinga. Embora houvesse pressões para implantação de novas indústrias químicas nessa localidade, estudos técnicos apontaram alguns problemas com tal ocupação, assim discriminados:

- a) Não ficariam áreas de armazenamento e manejo de cargas, embora a Salgema contasse com um terminal marítimo próprio;
- b) Os resíduos monocloroacéticos que porventura fossem despejados no mar trariam grandes problemas ambientais;
- c) Iria prejudicar e muito a cidade de Maceió, pois poderia incentivar a implantação de outras indústrias em uma área nitidamente urbana, ponto já destacado neste trabalho anteriormente;
- d) Inviabilizaria a implantação do polo em outra área, pois os recursos empregados teriam de ser muito grandes.

Dessa forma, em 1977, o tabuleiro do município de Marechal Deodoro, situado a 16 Km de Maceió, fora apontado pelo governo estadual como sendo a área ideal para implantação das indústrias petroquímicas que porventura viessem a consolidar a cadeia produtiva local.

Em 1982, a Petroquisa, braço petroquímico da Petrobrás, implantou no polo de Marechal Deodoro a unidade de insumos básicos, Cinal (Companhia Alagoas Industrial), que seria responsável pelo fornecimento dos insumos intitulados como utilidades: água desmineralizada, vapor de média e alta pressão, água clarificada, além de prover tratamento dos resíduos sólidos e líquidos gerados nas indústrias que se instalariam anos depois no complexo petroquímico de Marechal Deodoro.

Porém, as únicas plantas industriais a se instalarem efetivamente no Polo Petroquímico Alagoano foram a extinta Alclor – Química Alagoas S.A. – projetada na

época para produzir epícloridrina, e a CPC – Companhia Petroquímica de Alagoas – com capacidade para produzir 180 mil t/ano de MVC e 210 mil t/ano de PVC à época de 1989.

Em 1990, os processos de integração vertical das plantas petroquímicas em Alagoas remetem à criação do programa nacional de desestatização (PND), intensificando privatizações no setor e tornando-se, segundo Lacerda et al.(2006), parte integrante das reformas econômicas do governo e uma das questões mais polêmicas surgidas até então, em que frequentemente se discutia o que deveria e o que não deveria ser privatizado.

Nesse contexto, a Odebrecht, que já detinha desde 1980 participações no capital da Salgema em Alagoas e de outras empresas, tais como as fábricas de poliolefinas (produtora de polietileno) na Bahia e PPH (produtora de polipropileno), além da Unipar, integra em 1990 o capital acionário destas e das unidades de CPC e CQC. Nasce, então, a Trikem S.A., a primeira integração vertical do setor petroquímico vista no país.

Em 2001, a reestruturação da atividade petroquímica brasileira prossegue com a aquisição da Copene (central petroquímica de Camaçari) por parte do grupo Odebrecht, iniciando um processo de integração produtivo de 1ª e 2ª geração inédito no Brasil, que viria a estruturar os alicerces para o surgimento da Braskem em 2002, empresa líder no seguimento de resinas termoplásticas da América Latina, tendo em Alagoas, a partir de 2011, seu maior player de produção de resinas de PVC.

2 PROBLEMA DE PESQUISA, HIPÓTESE E OBJETIVOS

2.1 Problema de Pesquisa

Tendo em vista o que foi exposto nos tópicos anteriores, parece ser justificada a ideia de que toda vez que o segmento industrial petroquímico apresenta-se de forma integrada estabelece-se um conjunto de fatores, tais como, menores custos de transação e operacionais, que contribuem para o aumento da eficiência técnica da firma e elevação de seu diferencial competitivo.

Se isso é mesmo verdade, o que há de diferente nesse tipo de conjuntura que possibilita custos de transação via mercado mais elevados que os custos de transação intrafirma? Os ativos integrados à empresa apresentam economias de escala? E quanto aos ativos não integrados? Existe alguma relação entre esses ativos com respeito à especificidade?

2.2 Hipótese

A hipótese básica para resposta do problema a ser analisado na tese proposta, pode estar na chamada eficiência técnica de produção, ou seja, uma firma que integra sua cadeia produtiva tem a possibilidade de aprimorar todas as suas etapas de processamento, desde a captação das matérias-primas até o produto final, reduzindo seus custos operacionais. A empresa passa a ter o poder de escolha sobre a forma como seus insumos são produzidos e alocados na confecção do produto final.

Na teoria do custo de transação abordada no capítulo 4 deste trabalho, que foi desenvolvida ainda que não exclusivamente por Williamson (1975), a partir do pioneirismo de Coase (1937), consta que a busca por maior eficiência produtiva reflete-se nos padrões de conduta dos agentes e na forma pela qual atividades econômicas são organizadas e coordenadas, ou seja, essa abordagem postula que as formas organizacionais: firmas, mercados ou redes são resultados da busca de minimização dos custos de transação por parte dos agentes econômicos.

Outro aspecto relevante a ser analisado é que quanto mais específicos são os ativos, maior a importância da integração vertical na redução dos custos de produção e de transação. O empresário quando decide integrar determinado insumo vislumbra dois aspectos pontuais: (I) A demanda pela integração de ativos vai ao encontro do que é objetivo final da empresa; (II) Quanto mais específicos os ativos maior a procura por integração vertical, já que nesse caso a firma passa a ter o controle destes e não medirá esforços para produzir de forma eficiente o que irá impactar em economias de escala e escopo na produção.

Observa-se ainda, segundo Williamson (1975), com base na teoria dos custos de transação, a presença de especificidade de ativos e a existência de oportunismo entre os agentes econômicos. Isso faz com que a coordenação da interação entre as transações por mecanismos de mercado, puramente competitivos apresentem ineficiências.

Desse modo, em (I) a demanda por ativos específicos está diretamente ligada àqueles insumos que possuem características peculiares ao processo produtivo, cujos ativos não poderiam ser reempregados em outra atividade sem perda de valor de mercado. Para o presente trabalho, tomamos como exemplo o caso do dicloroetano, matéria-prima utilizada na confecção do MVC, que dificilmente se readaptaria a fins diversos ao seu.

Já no caso (II), a produção de dicloroetano obedece a padrões exigíveis de qualidade que impactam de forma direta no produto final. Desse modo, é imprescindível à empresa ter o controle de todas as etapas de processamento, pois o teor de impurezas presentes em sua composição podem inviabilizar a confecção do MVC devido ao aumento dos custos de produção.

Por fim, pode-se esperar que ativos menos específicos e que possuem uso generalizado comumente não apareçam em processos integrados à empresa. Nesse caso, enquadra-se o consumo por energia elétrica, já que a única forma desta impactar negativamente o produto final é em sua ausência.

2.3 Objetivos

Espera-se justificar a ideia de que a indústria de processo petroquímico pode-se apresentar como um caso típico da teoria da integração vertical em que aparecem vantagens econômicas em termos de redução de custos de transação e

operacionais, e ganhos em eficiência técnica, a partir das economias de escala geradas por tal sinergia. Essa condição acontece diretamente atrelada à importância das especificidades de ativo.

Desse modo, os objetivos específicos deste trabalho visam dar fundamentação à existência de ganhos de escala em ativos específicos à produção, além de avaliar as inter-relações entre os diversos insumos utilizados na cadeia de processamento petroquímico a partir da modelagem econométrica de duas regressões Cobb Douglas.

Na primeira função a ser estimada, com ativos específicos à produção, espera-se visualizar um maior grau de ajustamento destes à variável dependente, a produção de MVC. Já no caso da segunda modelagem, com ativos não integrados, espera-se que haja um menor ajustamento devido à empresa, nesse caso, não controlar todas as etapas de seu processamento.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A presente seção desta dissertação tem por objetivo demonstrar algumas aplicações da literatura que se enquadram no escopo da referida análise desta pesquisa, ou seja, aplicações estas condizentes com o propósito principal deste trabalho que é demonstrar o aumento da eficiência técnica da firma em questão a partir da modelagem Cobb Douglas, o que pode ter sido em grande parte inerente à maior flexibilidade de se produzir insumos necessários à produção internamente, restringindo as transações a uma única conta, eliminando o mecanismo de mercado.

Leite (2007) desenvolveu um artigo aplicado utilizando a forma funcional Cobb Douglas no qual analisou dados referentes a capital, trabalho e tecnologia coletados junto à empresa petrolífera Petrobrás, por meio de uma estimação econométrica da função de produção, que estabeleceu as reais contribuições marginais (ou elasticidades produto) dos fatores básicos ao resultado físico da produção, medida por uma variável proxy que captou o desempenho produtivo nos segmentos *upstream* e *downstream*.

O autor, para efeito analítico, optou por utilizar uma forma funcional que incorporou a tecnologia como fator independente, por ser aderente à realidade observável por meio das variáveis que representavam os fatores analisados e adaptar-se como suposição razoável para o caso da Petrobrás, dada a forma como a empresa se apropria da maioria dos conhecimentos relevantes adquiridos por meio de seus investimentos em P&D, diferenciando-lhes e conferindo-lhes uma proteção comercial.

Assim sendo, Leite (2007) estimou o seguinte modelo econométrico:

$$Y_t = B(L_t)^\alpha (K_t)^\beta (A_t)^\gamma$$

Em que, ao tomar os logaritmos naturais de ambos os lados da função, obtém-se:

$$\ln Y_t = \ln B + \alpha \ln(L_t) + \beta \ln(K_t) + \gamma \ln(A_t) + \varepsilon$$

Onde, substituindo os valores encontrados com auxílio do software Eviews5, obteve-se:

$$\ln Y_t = 3,66 - 0,359 \ln(L_t) + 0,356 \ln(K_t) + 0,464 \ln(A_t) + \varepsilon$$

As conclusões registradas após análise efetuada pelo autor apontaram a tecnologia como fator de maior elasticidade produto (0,46), com expressiva significância estatística num modelo com alto poder explicativo (acima de 98%) e com ausência de autocorrelação residual de acordo com a estatística de Durbin Watson (2,097), confirmando a hipótese de que a tecnologia foi o mais importante fator no esforço produtivo da empresa nos últimos anos.

Já no tocante à variável explanatória trabalho, a mesma apresentou rendimentos marginais negativos (-0,359), confirmando a inadequação da série trabalho no estudo efetuado, pois a mesma, de acordo com Leite (2007), não leva em consideração a grande massa de trabalhadores terceirizados existentes na empresa.

Por fim, o autor ressalta que a empresa deva ter enfrentado rendimentos decrescentes de escala no período em questão, uma vez que o somatório dos coeficientes das variáveis (desconsiderando o intercepto) apresenta-se menor que 1.

Outro trabalho realizado utilizando-se essa mesma forma funcional, resguardadas as devidas proporções, foi desenvolvido por Soares, Silva e Lima (2004), no qual os autores analisaram a função de produção da indústria brasileira de celulose a partir das variáveis explicativas terra, trabalho e capital, em que se verificou que essas variáveis afetavam significativamente a produção, e que tais fatores estavam sendo utilizados de forma racional.

Os autores desenvolveram um modelo Cobb Douglas utilizando a técnica de MQO (mínimos quadrados ordinários), adotando a forma log-log em que:

$$\text{Log}Q_p = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}Tr + \beta_2 \text{Log}Mo + \beta_3 \text{Log}CA + \varepsilon$$

Onde: Q_p é a quantidade de celulose produzida ao longo do ano em toneladas; Tr corresponde à variável explanatória terra mensurada como a área das florestas utilizadas pela indústria de celulose em hectares; Mo é mão de obra empregada na indústria e, finalmente, CA é o fator de produção capital, soma do valor das edificações e das máquinas e equipamentos em R\$.

Para efetuar o teste de significância estatístico da reta de regressão, os autores optaram pelo teste F de Snedecor. Já o grau de ajustamento do modelo foi verificado com o auxílio do coeficiente de determinação R^2 ajustado, enquanto a significância dos coeficientes individualmente foi testada por meio da estatística t de student.

A função de produção foi concebida a partir da amostra de nove empresas do setor produtivo de celulose com participação de 90% do mercado, com dados referentes ao ano de 2004. A reta de regressão ajustada assume a seguinte forma funcional no artigo em questão:

$$Q_p = 3,29825 \cdot TR^{0,468658} \cdot Mo^{0,461504} \cdot CA^{0,253810}$$

Na presente regressão, o coeficiente de determinação R^2 indica que 96,53% das variações ocorridas na produção de celulose no Brasil foram explicadas pelas variáveis predeterminadas no modelo. O coeficiente da variável terra foi significativo ao nível de 2% de probabilidade, e as variáveis trabalho e capital apresentaram um nível de significância de 1%.

Observa-se também que os sinais positivos nos coeficientes das variáveis explanatórias terra, trabalho e capital indicam que elas têm influência positiva na produção de celulose, ou seja, se a empresa aumentar em 10% os investimentos em trabalho, a produção iria sofrer um incremento da ordem de 4,61% *ceteris paribus*; se o investimento fosse aplicado ao fator capital, a empresa teria um incremento de 2,53% na produção de celulose.

Soares, Silva e Lima (2004) também chegaram à conclusão de que a indústria de celulose apresentava retornos constantes de escala e que os fatores de produção estavam sendo utilizados de forma racional com a produção respondendo às variações nos fatores produtivos em uma escala de grandeza em que 97,83% do total produzido era explicado pela alocação eficiente dos recursos.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

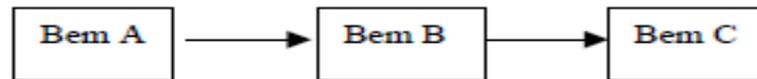
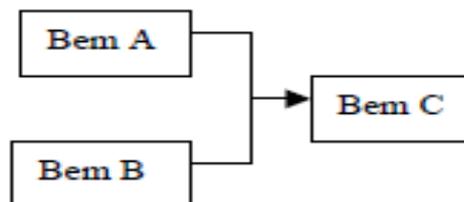
4.1 Integração Vertical

Os processos de integração vertical surgem quando determinada unidade produtiva incorpora vários estágios da produção, distribuição de bens ou serviços na economia. Assim sendo, entendendo-se a emergência da firma dentro dos conceitos teóricos abordados por Coase (1937), pode-se vislumbrar que a mesma substitui as diversas e complexas transações via mercado por outro modelo de coordenação, através do empresário que dirige e organiza a produção.

Carlton e Perloff (2000) argumentam que existem algumas restrições no mercado cuja governança está balizada no mecanismo de preços, em que as firmas não integradas verticalmente necessitam comprar seus insumos ou serviços de outras firmas, o que requer a existência de termos contratuais que especifiquem não somente preços, bem como a forma como tais unidades irão interagir no futuro.

Não obstante, de acordo com Rocha (2002), os processos de integração vertical em suas variadas definições implicam uma organização produtiva na qual uma única firma é responsável por duas etapas interligadas do processo de fabricação de um bem qualquer. Nesse sentido, existem algumas possibilidades retratadas por esse autor: (a) integração vertical para trás (*upstream*), (b) integração vertical para frente (*downstream*) e (c) integração lateral.

Ainda, segundo Rocha (2002), a e b dizem respeito à unificação em uma mesma instância decisória de duas etapas sucessivas de uma mesma cadeia de produção, já no caso de c a fabricação de dois insumos paralelos à produção passa a ser governada por uma única empresa.

Figura1 - Processos Existentes na Cadeia de Produção**Casos a e b****Caso c**

Fonte: Rocha (2012). Integração Vertical e Incerteza.

Rocha (2002) ressalta que a integração vertical para frente começa quando uma firma inicia a produção de bens que antes eram ofertados por seus clientes, já a integração vertical para trás corresponde ao caso em que a firma produz o que antes era ofertado por seus fornecedores, e quanto a integração lateral à firma produz insumos que estão em paralelo na cadeia de produção. Williamson (1985) retrata que a diferenciação entre integração lateral e integração para trás requer certa dose de arbitrariedade.

Outro aspecto que merece destaque corresponde às razões pelas quais determinadas unidades produtivas optam ou não pela integração vertical. Carlton e Perloff (2000) argumentam que somente se uma firma puder realizar todas as etapas de sua produção internamente de forma menos dispendiosa do que quando ela recorre a outras firmas, ela irá se integrar verticalmente, pois tal processo pode envolver custos substanciais.

Carlton e Perloff (2000) também observam que existem pelo menos três possibilidades de custos vindos dos processos de integração vertical. Primeira, os custos para as firmas manterem seus próprios fatores de produção e distribuírem seus produtos podem superar os custos de se transacionar bens nos mercados competitivos. Segunda, quando uma firma cresce em tamanho, as dificuldades e os

custos gerenciais aumentam. E a terceira diz respeito ao fato de poderem existir taxas legais incidentes sobre os processos de integração vertical.

Desse modo, os autores inferem que, devido à existência desses custos, as firmas só irão se integrar verticalmente, se e somente se, os lucros superarem os custos.

As seis principais vantagens dos processos de integração vertical são:

1) Uma firma pode reduzir custos de transação ao internalizar sua produção. Por exemplo, os custos de compra e venda de bens e serviços são evitados;

2) Uma firma pode se integrar verticalmente para assegurar o suprimento de um determinado insumo e desse modo evitar problemas derivados dos processos de negociação com outras firmas;

3) Uma firma pode se integrar verticalmente para corrigir falhas de mercado devido à existência de externalidades;

4) Uma firma ao se integrar verticalmente pode ser capaz de evitar restrições governamentais advindas dos procedimentos de regulação, e determinadas taxas eventuais sobre os lucros;

5) Uma firma pode se integrar verticalmente para ganhar poder de mercado, criando ou aumentando seus lucros através do monopólio, sendo capaz de discriminar preços e criar barreiras à entrada de outras firmas;

6) Uma firma vítima de outra com poder de mercado pode decidir se integrar verticalmente para eliminar essa externalidade;

A primeira vantagem delimitada por Carlton e Perloff (2000) diz respeito a uma das principais razões pelas quais uma firma decide organizar sua atividade internamente ao invés de recorrer ao mercado. Os custos de transação associados à elaboração e cumprimento dos contratos tal qual descrito por Williamson (1975, 1985) merecem, nessa concepção, uma atenção especial. Quando tais custos são elevados, uma firma pode se valer de comportamento oportunista, tomando a vantagem na transação para si, quando permitido sob certas circunstâncias.

Nesse contexto, quanto mais imprevisível e maior o grau de dependência de uma firma em relação a outra, mais complicado se torna elaborar um contrato que abranja todos os termos da negociação, os custos de transação se elevam, e a firma escolhe, desse modo, internalizar suas atividades ao invés de recorrer ao mercado.

Assim sendo, de acordo com Carlton e Perloff (2000), existem quatro tipos de transação nos quais os custos são substanciais o suficiente para tornar a integração vertical desejável para a empresa. Eles envolvem transações com ativos específicos, negociações em ambientes de incerteza, custos de coletar e processar informações e os custos de coordenação.

Já na segunda vantagem, caso da integração vertical motivada pela necessidade de garantir o suprimento de um insumo importante à produção, os autores inferem que esse tipo de organização será usado em mercados em que os preços não são os únicos dispositivos utilizados para alocação de bens. Quando existe a possibilidade de racionamento da oferta de determinado insumo, a elevação de preços se torna iminente, sendo este um incentivo para a firma internalizar seu processo produtivo e minimizar seus custos.

O terceiro caso apontado como vantagem para integração vertical discrimina que uma firma pode decidir internalizar sua produção para corrigir falhas de mercado. Tais falhas de mercado poderão advir da baixa reputação a partir do não cumprimento dos padrões de qualidade do produto final. Desse modo, existe por parte dos consumidores uma expectativa de que a empresa mantenha características similares de seus produtos nas diversas localidades em que atua.

Portanto, uma loja com má reputação poderá induzir a perdas em todos os centros distribuidores e impactar negativamente nos lucros da firma. Aqui se conclui que a integração vertical para frente parece ser uma alternativa viável no atendimento das expectativas dos clientes e um eficiente mecanismo a ser utilizado para eliminar essa externalidade.

O quarto caso trata da integração vertical motivada para eliminar a intervenção governamental oriunda de mecanismos de controle de preços, taxas e regulação de mercado. Carlton e Perloff (2000) observam que uma firma que necessita de determinado insumo, cujos preços são controlados, será incapaz de comprar todo produto de que precisa devido aos produtores optarem pelo racionamento ao invés de atenderem às quantidades demandadas.

Os autores também afirmam que a saída para uma companhia que demande determinado insumo, cujos preços são controlados, será a integração vertical, devido ao fato de que as transações efetuadas dentro de uma mesma empresa não serem afetadas pelos mecanismos de controle de preços.

Similarmente, as taxas encorajam a integração vertical. Segundo os autores, dependendo de onde estão alocadas as unidades produtivas, elas poderão ser sujeitas a diferentes taxas. Uma firma integrada poderá ser capaz de alterar seus lucros de uma localidade para outra simplesmente alterando o preço de venda de seus produtos nos diferentes territórios em que atua.

Já no caso da regulação governamental, o incentivo para verticalização surge quando os lucros de uma das divisões da firma são regulados. Em determinadas companhias, a exemplo das empresas de telefonia, a regulação pode incidir sobre os lucros vindos dos serviços prestados, porém os lucros provenientes da venda de aparelhos telefônicos poderão não sofrer regulação alguma. A empresa que internaliza tanto a prestação de serviços de telefonia quanto à venda de aparelhos telefônicos, poderá, mediante simples convenção contábil, transferir receitas de um departamento para o outro evitando efetivamente a regulação dos serviços telefônicos locais.

No quinto caso, Carlton e Perloff (2000) argumentam que a integração vertical poderá ser motivada para aumentar os lucros de monopólio. Os autores discorrem que: (I) uma firma monopolista ofertante de um único insumo necessário a outra indústria, poderá incrementar seus lucros ao se integrar para frente ou uma firma que é a única compradora do insumo poderá auferir mais rendimentos ao incorporar a ofertante do insumo; (II) a firma integrada verticalmente poderá discriminar preços; e (III) por questões de estratégia, uma firma que controle insumos escassos, colocará sua concorrente em desvantagem.

Nesse momento, os autores questionam “qual preço os monopolistas estarão dispostos a pagar para aumentar seu poder de monopólio”? A resposta a essa pergunta dependerá de qual tipo de processo produtivo a firma participa, se a indústria tem uma função de produção com proporções fixas (*fpf*), com insumos utilizados sempre na mesma proporção ou se a indústria possui uma função de produção com proporções variáveis (*fpv*), caso em que os insumos não são constantes na produção.

Desse modo, observa-se ainda, segundo Carlton e Perloff (2000), que quando o processo produtivo é *fpf*, o monopolista não tem incentivos para verticalização de sua produção. Aqui a proporção consumida de insumos será independente do fator preços relativos, não existindo a certeza de que os lucros superarão em magnitude os gastos com a integração vertical. Já no caso de

processos *fpv*, em que a taxa dos fatores utilizados é sensível aos preços relativos, existe um incentivo para verticalização, pois se assim a firma o fizer, os lucros a serem auferidos superarão os custos tarifários e de negociação com outras firmas.

Por fim, a última vantagem para integração vertical surge quando uma firma decide se verticalizar para eliminar poder de mercado de outra. Supondo que uma única firma A vende um insumo essencial à firma B, e este é transacionado a preços elevados, a firma B deverá quantificar se o custo de se integrar verticalmente é inferior em magnitude ao custo de transacionar com a firma A.

Carlton e Perloff (2000) argumentam que existe, nesse caso, a mesma questão abordada no antepenúltimo parágrafo – os lucros combinados de compra e oferta da firma aumentam, se e somente se, a função de produção é *fpv*. Se, por outro lado, a função de produção é *fpf*, não existem ganhos para integração, uma vez que a compra de uma firma monopolista *upstream* (ofertante de insumos) pela firma *dowstream* (produtora de bens finais) não afetará nem o lucro total, nem o lucro de produção individual das firmas.

4.2 A Teoria da Firma

A teoria da firma descrita pelos economistas neoclássicos encara a mesma como uma função de produção, em que insumos são transformados em produto, e a diferença entre o resultado das vendas e o custo dos insumos é caracterizada como lucro, se positiva, e como prejuízo, se negativa. Tal função de produção obedece às mesmas regras características dos postulados neoclássicos: racionalidade substantiva e maximização de lucros.

Coase criticou, em seu artigo intitulado *The nature of the firm* de 1937, os fundamentos em que a teoria tradicional da firma foi erguida. O autor argumenta que os economistas muitas vezes têm se omitido com relação ao exame dos seus pressupostos. Esse exame é de fundamental importância não só pelo aspecto de prevenir mal entendidos e algumas controvérsias derivadas da falta de conhecimento nos pilares que sustentam a teoria, mas também tem extrema importância no julgamento de conjuntos de pressupostos rivais.

Vale ressaltar que no estado da arte o mecanismo de preços rege de forma direta as relações entre firmas, porém afirmar isso como verdade única e intransponível é ignorar de fato tudo o que acontece fora dos manuais

microeconômicos, uma vez que uma firma no mundo real possui algumas transações internas e externas regidas por interesses particulares que transcendem a pura e simples maximização de lucros. Por outro lado, a coordenação por preços não é validada em todas as situações. Exemplo disso são as relações dentro das firmas que não são definidas por valores e que muitas vezes servem de incentivo para integração vertical. Esses reduzem o custo de transação.

No tocante à dinâmica interna da firma, tais interesses particulares podem ser em alguns bens como commodities específicas ou serviços do trabalho em si, que em algumas circunstâncias bem definidas torna-se desvantajoso para firma recorrer ao mecanismo de preços. Ainda segundo Coase (1937), a dificuldade de prever as ações futuras de vendedores ou prestadores de serviço delimitam para o autor a existência da incerteza e a necessidade de se transacionar esses bens internamente.

E isto de fato se observa na maioria dos casos na indústria petroquímica na qual as grandes corporações de plantas de processamento químico são intensivas em tecnologia e demandam mão de obra altamente qualificada para conduzir seus processos de fabricação. Devido também à existência de riscos à saúde, à segurança e ao meio ambiente, o corpo técnico dessas corporações é composto em sua maior parcela por profissionais treinados e contratados pela própria empresa.

Na Braskem S.A., que se destaca como a maior produtora de resinas termoplásticas das américas, com unidades de produção no Brasil e Estados Unidos, não é diferente. Nessa empresa, existe um programa de treinamento intensivo do seu quadro operacional decorrente da sua preocupação com os padrões de qualidade de seus produtos, além de que outra preocupação fundamental rege essa boa prática – garantir a excelência nas questões ambientais e laborais.

O ponto principal a ser discutido nesse quesito é quais outros fatores influenciam empresas líderes em seus segmentos a buscarem produzir internamente um bem ou serviço tal como no caso do parágrafo anterior. O cerne da questão parece ser a existência de alguma assimetria de informação a exemplo da descrita por Akerlof (1970) em seu artigo intitulado *The Market for Lemons*.

No modelo proposto por Akerlof (1970), existiam dois tipos de bens: os bons carros e os maus carros (conhecidos nos Estados Unidos como *Lemons*). Segundo o autor, se fossem considerados preços de venda idênticos para esses dois

automóveis, com os vendedores detendo a informação de quais carros são bons e quais carros são *Lemons*, e os compradores sem conhecer tais padrões de qualidade, não haveria incentivos nesse mercado para venda de bons carros.

Um aspecto interessante no escopo teórico desenvolvido por Akerlof (1970) é que os maus carros acabariam por expulsar os bons carros na medida em que existiriam incentivos para os vendedores transacionarem seus *Lemons*, omitindo a informação aos compradores, para em seguida adquirir carros com padrões de qualidade superior.

De certo modo, isso pode ser replicado para análise da firma pelo simples ato de imaginar que quando uma empresa vai ao mercado para contratar algum bem ou serviço não existe garantia real de que ela irá adquirir um bem ou um *Lemon*, o mecanismo de mercado pode, nesse caso, ser superado pela necessidade de um ativo de padrão superior que incremente a eficiência técnica da planta.

Adquirir um bem de padrão inferior pode num período de tempo não muito longo implicar em perda de posições estratégicas perante o mercado, não necessariamente pela redução da escala de lucros da organização, mas também pela redução de sua reputação perante seus clientes, seja devido à diminuição de seus padrões de qualidade com relação aos seus produtos finais ou através do desgaste de sua imagem perante os consumidores que possuem crenças diversas.

Coase (1937), como já citado anteriormente, argumenta que a questão da incerteza é algo muitas vezes considerado relevante para o estudo do equilíbrio da firma. Para o autor, parece ser improvável que uma firma possa emergir sem a existência da incerteza. Minimizar essa incerteza parece ser um dos pontos-chave pelos quais determinadas transações são efetuadas no interior da firma, assim como justifica o próprio surgimento de firmas.

Imaginando ainda o exemplo das indústrias de processamento petroquímico que produzem parte de seus insumos internamente, uma questão parecer ser imperativa: Por que essas unidades não recorrem unicamente ao mercado para obtenção de todos os insumos necessários à produção?

A incerteza que surge com respeito à qualidade dos insumos adquiridos via mercado parece ser a alternativa mais plausível para responder a questão anterior. Contudo existem outros fatores além desses que impactam em determinadas decisões de se produzir internamente um insumo chave para a produção, o que

parece ser uma questão mais ampla e que advoga contra os pressupostos neoclássicos da firma maximizadora de lucros.

Nesse ponto, a firma na análise de Coase (1937) pode então ser vista como um arranjo institucional, que substitui a contratação renovada de fatores no mercado por outro vínculo de contratação duradouro entre esses mesmos fatores. Desse modo, emerge a ideia de que a firma é uma hierarquia que economiza os custos de transação.

North (1990) distingue instituições de organizações. Segundo o autor, as instituições são as regras do jogo ou as restrições que moldam o comportamento humano, enquanto que as organizações e os empresários são os jogadores. Com efeito, essas definições estão no cerne da pesquisa institucionalista que tem como ambição estudar as influências do ambiente institucional na atividade econômica e descobrir como se organiza a economia como um todo.

Não obstante, segundo o autor citado anteriormente, sendo as instituições os guias da interação social, elas possuem a importante missão de reduzir a incerteza e definem e limitam o conjunto de escolhas individuais de cada agente diferindo entre países. Todavia, na concepção de North (1999), o principal fator que é coerente com a análise proposta nesse trabalho é que tais instituições limitam ações oportunistas por parte dos agentes econômicos. Isso implica em maior aproximação comportamental por parte destes aos padrões e regras definidos ex ante e que se espera serem respeitados.

Sendo assim, a contribuição dos economistas institucionalistas quebrou com o paradigma de encarar a firma meramente como uma função de produção. O conceito de firma de Coase (1937) está mais próximo ao que foi delimitado por Williamson (1985) em seu artigo intitulado *Transaction Cost Economics*, publicado no livro *The economic Institutions of Capitalism*, no qual afirma que a nova linha de pesquisa institucional encara a firma no escopo de uma estrutura de governança.

4.3 A Teoria do Custo de Transação

A teoria dos custos de transação está delimitada no pilar de que os custos de uma empresa não se resumem somente aos custos de produção, já que existem outros tipos de custos igualmente relevantes, custos estes enfrentados pelos agentes quando recorrem ao mercado para adquirir equipamentos, insumos ou

serviços, ou quando necessitam estabelecer algum tipo de interface com outro agente econômico, decorrendo tais custos da necessidade de negociar, redigir e garantir o cumprimento de um determinado contrato. Esses aspectos dão substância ao que se denomina custo de transação.

O conceito de custos de transação foi introduzido por Coase (1937) e consolidado e ampliado por Williamson que retrata esse tema em três grandes livros: *Markets and Hierarchies* (1975), *The Economics Institutions of Capitalism* (1985) e *The Mechanism of Governance* (1996). A economia dos custos de transação possui uma abordagem multidisciplinar com áreas relacionadas ao direito, economia e administração, estando intimamente ligada ao estudo da Nova Economia das Instituições que se aplica à pesquisa das formas de organização, particularmente a capitalista, com especial referência às firmas, ao mercado e às relações contratuais.

Williamson (1985) declara que, em comparação com outras abordagens para o estudo da organização econômica, a economia dos custos de transação é mais microanalítica e mais consciente sobre seus pressupostos comportamentais. Ela introduz e desenvolve a importância da especificidade de ativos em economia, baseada na análise comparativa das instituições, compreendendo a firma como uma estrutura de governança ao invés de como uma função de produção, alocando maior peso sobre as relações contratuais dando maior ênfase às instituições privadas.

Outro aspecto interessante é a abordagem multidisciplinar efetuada por Williamson (1985) na qual conceitua custos de transação como equivalente à força de atrito em sistemas físicos. Notadamente, os físicos, segundo o autor, obtiveram muito sucesso em descrever sistemas complexos sem o atributo da força atrito, porém os mesmos rapidamente se viram forçados por seus instrumentos de laboratório e pelo mundo ao seu redor a admitir a importância de tal força em dinâmica, infelizmente o mesmo não se pôde dizer dos economistas com respeito aos custos de transação.

De certo modo, os custos de transação podem ser encarados como o peso dado pelo mercado devido à existência de informação incompleta, assimetrias. North (1990) compactua com esse conceito e delimita a existência de dois tipos de custos: I) *Measurement* e II) *Enforcement*. O primeiro deriva da incapacidade dos agentes em conhecer de fato o objeto da transação em curso, e o segundo refere-se à incerteza que os agentes têm sobre as propriedades do bem a ser trocado.

Observa-se também, segundo Gala (2003), que os custos de *measurement* incorporam assimetria de informação em sua formulação, semelhante à proposta por Akerlof (1970), e seu ponto crucial está na impossibilidade do conhecimento da qualidade do produto de forma *ex ante* pelo agente comprador em uma transação; já os custos de *enforcement* se relacionam com a legitimidade da transação a ser efetuada e preocupam-se com transações complexas que envolvem bens consumidos e produzidos ao longo do tempo.

Novamente, verifica-se no arcabouço institucional o papel importante dado à incerteza e às assimetrias de informação, o que, no caso dos custos citados anteriormente, deriva da concepção de que se não existirem mecanismos capazes de minimizar os efeitos dessas fricções nos sistemas econômicos as diversas transações a serem efetuadas poderão não se consolidar via mecanismo de preço. Claro deve estar que dentro da concepção fundamental de Williamson (1996) dois outros elementos, além da incerteza, compõem os chamados atributos de transação: frequência e especificidade de ativos. Esses três fatores irão ajudar a definir a melhor forma de governança.

Todavia, tendo a firma o papel de reduzir essas fricções através de sua predisposição em efetuar essas transações internamente via coordenação do empresário, a mesma pode ser considerada como uma forma de minimizar esses custos ou fricções. Nesse sentido, Coase (1937) argumenta que:

A operação via mercado possui custos, e é através da formação de uma organização e permitindo a alguma autoridade (a um “empresário”) a direção dos recursos, certos custos de mercado são evitados. O empresário trás sua função a um custo menor, levando em conta o fato de que ele pode conseguir fatores de produção ao menor preço que as transações via mercado que ele substituiu. (COASE, 1937, p. 9).

Sendo assim, alguns exemplos dos custos que podem emergir durante uma transação são custos devido a falhas na negociação (quando a negociação não transcorre da maneira planejada), custos requeridos para garantir que não haverá intenções oportunistas (salvaguardas contratuais) e especificidade de ativos (custos irrecuperáveis), criando uma abordagem na qual a firma é uma estrutura de gestão, e a transação em si torna-se alvo da análise micro analítica, em que os mecanismos de controle e os incentivos importam mais que a função de produção.

Outra questão relevante é que no escopo teórico de Williamson (1985) considera-se que os agentes possuem dificuldades cognitivas na hora de acessar e

processar as informações. A presença da racionalidade limitada, descrita por Simon (1990) em seu artigo *Bounded Rationality*, novamente se verifica amplamente no foco analítico da teoria, em que todos os contratos, mesmo os mais complexos, são inevitavelmente incompletos e, unidos a ambientes de incerteza, podem implicar em ações oportunistas, aumentando assim os custos de transação decorrentes da necessidade de salvaguardas contratuais.

Existe também, de acordo com Williamson (1996), uma forte correlação entre especificidade de ativos e integração vertical. À medida que aumentam as especificidades de ativos aumentam também os incentivos para integração vertical, pois a existência de substanciais especificidades aliados a ambientes de incerteza e com alto grau de complexidade exigem a formulação de contratos de longo prazo em que são especificadas todas as obrigações sob um grande número de circunstâncias. Importa ainda observar que elementos como a frequência, um dos atributos de transação, também são importantes e podem induzir a mudanças de uma estrutura de governança via mercado para outra com contratos de longo prazo ou para estruturas híbridas. Vê-se também que esse atributo pode ter influenciado a forma como a Braskem decidiu sobre a obtenção de alguns de seus insumos.

Desse modo, valores contratuais finais relativamente altos tornam-se inviáveis, compensando menos a transação extra firma que intra firma. Sendo assim, a solução de realizar a transação internamente, que pode ter se originado na integração vertical, parece ser mais atraente que a solução de mercado ou dos contratos de longo prazo.

A frequência, pela repetição custosa de compra de insumos, e a incerteza associada à garantia de fornecimento dentro do prazo e dos padrões de qualidade exigidos podem definir sim a necessidade de se mudar de uma estrutura de governança via mercado para uma integração vertical ou mesmo para contratos de longo prazo com padrões mais rígidos.

5 REFERENCIAL ANALÍTICO

A presente seção deste trabalho irá abordar alguns aspectos básicos dos modelos de regressão linear simples e dos modelos mais complexos envolvendo a metodologia das séries temporais, para em seguida demonstrar a função Cobb Douglas, conceituando o referencial analítico para a modelagem proposta, tarefa esta que se tentará desdobrar nas páginas seguintes.

5.1 Modelos de Regressão Linear Simples

O estudo da econometria se inicia a partir de um conjunto de pressupostos sobre algum aspecto da economia. O pesquisador que se propõe a realizar algum ensaio econométrico deve antes de tudo entender que a finalidade não é o método em si, mas sim onde se deseja chegar. Dessa forma, entender a teoria que está por trás da modelagem parece ser uma das tarefas mais importantes antes de se esboçar determinado modelo.

Apesar de existirem várias abordagens complexas de modelos multivariados, a síntese da econometria se inicia pelo modelo de regressão linear simples. O qual, segundo Greene (1951), é a ferramenta mais usual no kit econométrico, na grande maioria dos casos o ponto de partida para metodologias mais sofisticadas.

Desse modo, o modelo de regressão linear clássico especifica as relações entre uma variável dependente, também chamada regressando, e uma ou mais variáveis independentes, comumente conhecidas como regressores. A forma generalizada do modelo pode ser visualizada como segue:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X + u_t$$

Deve-se também observar a partir da equação acima a presença da variável u_t no lado direito da regressão, geralmente conhecida como termo de distúrbio aleatório, que tem a função de capturar os erros de especificação do modelo ou as omissões de variáveis durante a concepção e escolha das mesmas.

Segundo Greene (1951), os distúrbios em um modelo de regressão surgem por muitas razões. Uma delas é que não se consegue capturar todas as influências

de uma variável econômica em um modelo. As outras razões são as omissões de fatores e os erros de medição.

Observa-se também que o modelo de regressão linear clássico é constituído de um conjunto de pressupostos que serão declarados a seguir, os quais, segundo Hayashi (2000), são restrições sobre a distribuição conjunta das variáveis dependentes e independentes, variáveis estas que são na maioria dos casos em estudos econômicos (exceto em economia experimental) chances subjetivas de ocorrer.

Pressupostos do modelo de regressão linear clássico:

1°) **Linearidade:** Seja o modelo de regressão descrito abaixo:

$$y_i = \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i$$

Onde os β são os parâmetros desconhecidos que serão estimados e ε é o termo de erro. O modelo especifica uma relação linear entre os parâmetros e o termo de erro.

2°) **Exogeneidade estrita:** A função de regressão é uma constante de valor zero:

$$E(\varepsilon_i / x_1, \dots, x_n) = 0$$

3°) **Ausência de multicolinearidade:** No posto da matriz de dados $n \times k$, x é k com probabilidade um. Esse pressuposto declara que não existe relação linear exata entre as variáveis x em um modelo de regressão linear simples.

4°) **Variância dos erros esféricos:** Devem existir pelo menos tantas observações quanto regressores. Isso implica em:

a) Homocedásticidade: $E(\varepsilon_i^2 / x) = \sigma^2 > 0; (i=1, 2, \dots, n);$

b) Ausência de correlação entre as observações: $E(\varepsilon_i \varepsilon_j / x) = 0; (i, j=1, 2, \dots, n).$

5°) **Distribuição normal:** Os distúrbios são normalmente distribuídos.

5.2 Econometria das Séries Temporais

Os conjuntos de dados utilizados em econometria que resultam da medição de variáveis podem vir de várias formas distintas, sendo os dados que descrevem o movimento de uma variável ao longo do tempo discriminados como séries temporais, as quais, segundo Andrade (2004), podem ser diárias, semanais, mensais, trimestrais ou anuais. Já o conjunto de dados formado pelas atividades de pessoas individualmente, pelo conjunto de firmas ou de outras unidades em determinado ponto no tempo são chamados dados em corte transversal (*cross section*). E os dados provenientes da combinação de séries temporais com corte transversal são denominados dados em painel, podendo ser utilizados para estudar o comportamento de um grupo de empresas ao longo do tempo.

Não obstante, se determinado processo aleatório apresenta valores médios ou de variância ou autocovariâncias diferentes em determinadas amostras de defasagens distintas, tal processo será chamado passeio aleatório ou processo estocástico não estacionário. Segundo Pindyck Rubinfeld (1981), sua melhor previsão será seu valor presente mais um choque puramente aleatório, e só poderemos estudar seu comportamento no período selecionado, pois cada conjunto de dados da série temporal em questão será um episódio específico, tendo tais modelos que envolvem passeio aleatório pouco valor prático em termos de previsão, ou seja, não poderemos generalizar seu comportamento ao longo do tempo.

Seja o modelo abaixo:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \rho Y_{t-1} + u_t$$

Se $\beta_1 = \beta_2 = 0$ e se $|\rho| < 1$ em valor absoluto, então a série temporal de Y_t será estacionária em sentido amplo, ou seja, tomando-se a suposição que o valor inicial de Y ($=Y_0$) é zero, $|\rho| < 1$, e u_t um termo de erro de ruído branco denotado por $u_t \sim IIND(0, \sigma^2)$ distribuído de modo idêntico e independente como uma distribuição normal com média zero e variância constante unitária, segue-se que $E(Y_t) = 0$ e $var(Y_t) = 1/(1 - \rho^2)$, atendendo aos pressupostos de estacionariedade fraca com média, variância e autocovariância constantes em diferentes defasagens.

Porém, se $\beta_1 = \beta_2 = 0$ e $\rho = 1$, o modelo em questão será um processo estocástico $AR(n)$, pois teremos que diferenciar N vezes o modelo para torná-lo estacionário. Essa concepção pode ser adotada se $\beta_2 = 0$, $\rho = 1$. Nesse caso, a

modelagem em questão é conhecida como modelo de passeio aleatório com tendência estocástica.

Já no caso do modelo possuir tendência determinística, os desvios em torno da linha de tendência, que representa a média não estacionária, são puramente aleatórios e diminuem rapidamente, ou seja, não contribuem para o desenvolvimento de longo prazo da série temporal, que é determinado pelo componente de tendência. Sendo assim, se $Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \rho Y_{t-1} + u_t$, com $\rho < 1$, então tal processo será um processo estacionário pós remoção da tendência. Embora a média de Y_t seja descrita por $\beta_1 + \beta_2 t$ que não é constante, sua variância σ^2 o é. Portanto, se subtrairmos de Y_t a média de Y_t , a série resultante será estacionária pós remoção da tendência, diferindo de um processo de tendência estocástica, pois em tal caso o componente de tendência afeta o curso da série no longo prazo.

5.3 Testes de Estacionariedade

A estacionariedade fraca ou covariância em séries temporais pode ser evidenciada a partir de uma análise gráfica ou com uso de testes de raiz unitária, tais como Dickey-Fuller, Dickey-Fuller aumentado, Phillips Perron, dentre outros. Porém, antes de fazer testes formais é importante fazer uma análise do gráfico da série, tendo em vista que ele sempre dá uma boa ideia da natureza do processo estocástico, conduzindo a abordagens direcionadas, em virtude de se ter a vista as linhas de tendências e intuitivamente verificar se os mesmos poderão ser utilizados em modelos de previsão.

A análise do correlograma, também sugerida por Gujarati (2006), é uma maneira simples, intuitiva e direta para verificar estacionariedade fraca, consistindo na verificação da função de autocorrelação, denotada por ρ_k . Na autocovariância em várias defasagens, ρ_k é calculada da seguinte maneira:

$$\rho_k = \lambda_k / \lambda_0 = \text{covariância com defasagem } k / \text{variância}$$

Como a covariância e a variância são mensuradas nas mesmas unidades de medida, ρ_k é um número sem unidades ou número puro. Situa-se entre -1 e +1 e, quando se é traçado o gráfico de ρ_k contra k , o que se obtém é conhecido como correlograma populacional.

5.4 Análise de Previsão com Séries de Tempo

Sendo a análise de previsão uma parte importante da econometria, podemos prever o comportamento de um conjunto de variáveis econômicas, tais como o PIB, inflação, a taxa de câmbio, preços das ações, taxas de desemprego e uma rica gama de outras variáveis através de modelagens econométricas a exemplo dos métodos auto-regressivo integrado de médias móveis (ARIMA), popularmente conhecido como método Box-Jenkins, e o de auto regressão vetorial (VAR).

Porém, pode ser difícil ou até mesmo impossível explicar o movimento de determinada variável através do uso de um modelo estrutural. Isso pode ocorrer, segundo Pindyck Rubinfeld (1981), por exemplo, caso não haja dados sobre as variáveis explanatórias que acreditamos afetar o comportamento da variável dependente, ou então há dados, mas a estimação de um modelo de regressão para a variável dependente resulta em erros padrão tão elevados que torna a maioria dos coeficientes estimados pouco significativos e o erro padrão da previsão inaceitavelmente alto, além de que é possível que boa parte do comportamento de determinada série de tempo se deva a fatores que não sabemos explicar, tais como: clima, mudanças de gostos ou ciclos sazonais.

Sendo assim, em determinadas situações, busca-se alguma forma ou alternativa para se prever o comportamento futuro das variáveis em estudo, pode-se plotar os dados em um gráfico e observar sua tendência, possibilitando a tomada de decisões a partir de conclusões sobre seus movimentos passados. Igualmente, se um comportamento sistemático é fato presente em uma serie temporal, pode-se construir um modelo que não oferece uma explicação estrutural em termos de outras variáveis, mais que replica seu comportamento passado de um modo que possa ajudar a prever seu comportamento futuro.

Desse modo, um modelo de série temporal reflete o padrão de movimentos passados de uma variável e usa essa informação para prever seus movimentos futuros. Em certo sentido, um modelo de série temporal não passa de um método de extrapolação sofisticado que às vezes oferece um instrumento eficaz para previsão.

5.5 A Função de Produção

A função de produção na microeconomia, de acordo com Barbosa (1985), pode ser considerada como uma relação técnica que associa a cada dotação de fatores de produção a máxima quantidade de produto obtida. Assim, se X_1, X_2, \dots, X_n são as quantidades dos n fatores de produção usados na fabricação de Q quantidades de produto, então a função de produção poderá ser dada por:

$$Q = Q(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Salvatore (1996) compactua com essa ideia denotando que a função de produção é uma equação, tabela ou gráfico que mostra a produção máxima de uma commodity que uma firma pode produzir por período de tempo. Nesse caso, insumos e produtos são medidos em quantidades físicas em vez de monetárias.

Admite-se assim que a função de produção satisfaça às seguintes hipóteses:

(I) É impossível produzir-se algo a partir de nada:

$$Q(0) = 0$$

(II) A função de produção é uma função não decrescente nas quantidades de fatores:

$$Q(X') \geq Q(X)$$

(III) Se as quantidades de fatores X' e X produzirem a mesma quantidade de produto, $Q(X')$ e $Q(X)$, então uma combinação linear dos mesmos, denotada por $\alpha X' + (1 - \alpha)X$, produzirá quantidades pelo menos iguais àquela produzida por cada uma das dotações:

$$Q[\alpha X' + (1 - \alpha)X] \geq Q(X') = Q(X)$$

Ainda segundo Barbosa (1985), admite-se, em uma hipótese adicional, que a função de produção seja côncava. Isso quer dizer que a função de produção pode possuir uma região onde os retornos de escala são decrescentes.

(IV) A função de produção possui derivadas contínuas de segunda ordem, ou seja, essa hipótese tem como objetivo possibilitar o uso do cálculo diferencial aos

problemas da teoria da empresa de modo a facilitar a obtenção dos vários resultados que de um modo geral independem dessa hipótese.

5.6 Produtividades Média e Marginal

A produtividade média de um fator é definida como a relação entre a quantidade de produto e a quantidade do fator utilizada na produção:

$$Pme = \frac{Q}{x}$$

Já a produtividade marginal de um fator, segundo Barbosa (1985), é a razão entre o acréscimo de produto e o acréscimo do fator, mantendo-se constante as quantidades dos demais fatores. Em termos matemáticos, é dada pela derivada parcial do produto Q em relação a quantidade do fator X, isto é:

$$Pmg = \frac{\delta Q}{\delta X_i}$$

com $i = 1, \dots, n$

Assim, de posse das produtividades média e marginal, pode-se calcular a elasticidade do produto com relação ao i-ésimo fator, que será igual a:

$$n_i = \frac{Pmgi}{Pmei} = \frac{\partial Q}{Q X_i} \cdot \frac{X_i}{Q}$$

Tal notação, segundo Barbosa (1985), mede a variação percentual no produto quando a quantidade no fator varia em 1%.

Assim sendo, a produtividade marginal de um fator pode ser crescente ou decrescente, desde que aumentando-se a quantidade desse fator e mantendo-se constantes as quantidades dos demais, a produtividade marginal decresça ou cresça.

$$\frac{\partial Pmgi}{\partial X} = \frac{\partial Q^2 i}{\partial X_i^2} < 0 (> 0)$$

Verifica-se também que a produtividade média de um fator é máxima quando as produtividades marginal e média são iguais:

$$\frac{\partial Pmei}{\partial X_i} = -\frac{Q}{X_i^2} + \frac{1}{X_i} \frac{\partial Q}{\partial X_i} = 0$$

Resultando em:

$$\frac{Q}{X_i} = \frac{\partial Q}{\partial X_i}$$

Tendo como condição suficiente para que o ponto acima seja de máximo que a produtividade do fator seja decrescente, pois então a derivada segunda da produtividade média será negativa.

5.7 Retornos de Escala

De acordo com Barbosa (1985), os retornos de escala medem a variação na produção quando todos os fatores variam na mesma proporção. Sendo assim, se todos os fatores de produção forem multiplicados por um número qualquer λ , a produção poderá aumentar na mesma proporção, em uma proporção maior que a do aumento dos fatores ou em uma proporção menor que a do incremento dos fatores.

De acordo com o que foi delimitado no parágrafo acima, a função de produção poderá apresentar retornos de escala constantes, retornos de escala crescentes e, em último caso, retornos de escala decrescentes que poderão ser medidos a partir da elasticidade de escala que é definida através da razão entre a variação percentual do produto e a variação equiproporcional em todos os fatores de produção.

Sendo:

$$\varepsilon = \frac{dQ}{Q} \div \frac{d\theta}{\theta} = \frac{dQ}{d\theta} \cdot \frac{\theta}{Q} = \frac{d \log Q}{d \log \theta}$$

Onde:

$$\frac{d\theta}{\theta} = \frac{dX_i}{X_i}, i = 1, \dots, \varepsilon$$

A elasticidade de escala é igual à soma das elasticidades do produto:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^{\varepsilon} \varepsilon_i$$

Com efeito, a diferencial da equação da função de produção é igual a:

$$dQ = \frac{\varphi Q}{\varphi X_1} dX_1 + \dots + \frac{\varphi Q}{\varphi X_n} dX_n$$

O que alternativamente poderá ser escrito como:

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{\varphi Q}{\varphi X_1} \frac{X_1 dX_1}{Q X_1} + \dots + \frac{\varphi Q}{\varphi X_n} \frac{X_n dX_n}{Q X_n}$$

Para uma variação proporcional de todos os fatores igual a $d\theta/\theta$, tem-se que:

$$\frac{dQ}{Q} = \left(\sum_{i=1}^{\varepsilon} \varepsilon_i \right) \frac{d\theta}{\theta}$$

Pois:

$$\varepsilon = \frac{\varphi Q_i}{\varphi X_i} \cdot \frac{X_i}{Q}$$

Portanto, conhecendo-se a elasticidade produto em dado ponto da função de produção, a elasticidade escala será facilmente calculada.

5.8 Economias de Escopo

As economias de escopo possuem um conceito bastante similar ao de economias de escala, abordado no tópico anterior. Segundo Panzzar e Willig (1975), economias de escopo existem quando, para todos os produtos y_1 e y_2 , o custo de se produzir conjuntamente é menor que o custo de se produzir cada produto separadamente.

$$C(y_1, y_2) < C(y_1, 0) + C(0, y_2)$$

Desse modo, surge a seguinte definição: Se $P = \{ T_1, \dots, T_k \}$ denota uma parte não trivial de $S \subseteq N$, isto é, $\bigcup_{i=1}^k T_i = S$, $T_i \cap T_j = \emptyset$ para todo $i \neq j$, $T_i \neq \emptyset$, e $k > 1$, existem economias de escopo para y_s com respeito às partes de P se:

$$\sum_{i=1}^k C(y_{T_i}) > C(y_s)$$

Ainda segundo Panzzar e Willig (1975), o grau de economias de escopo para y relativo ao produto conjunto de T é definido como: $SC_T(y) \equiv [C(y_t) + C(y_{n-t}) -$

$C(y)] / C(y)$ e mede o aumento relativo nos custos que poderiam resultar da crescente fragmentação da produção de y dentro do produto das linhas de T e de N-T. Tal fragmentação da firma aumenta, diminui ou deixa os custos totais inalterados desde que SC_t seja maior que, menor que ou igual a zero.

Observa-se, ainda, que se todos os produtos possuem custos incrementais positivos, então $SC_t(y) < 1$. Assumindo que o contrário é verdadeiro, pela expressão de $SC_t(y)$, obtem-se:

$$C(y_t) + C(y_{n-t}) - C(y) \geq C(y)$$

Ou

$$[C(y) - C(y_t)] + [C(y) - C(y_{n-t})] \leq 0$$

Desde que as expressões entre parênteses são o custo incremental de N-T e T, respectivamente, segue que pelo menos um desses deve ser negativo ou zero. Entretanto, $SC_t(y)$ deve ser menor que a unidade.

5.9 A Função de Produção Cobb Douglas

A função de produção Cobb Douglas é definida por:

$$Q = \gamma K^\alpha L^\beta$$

onde Q é a quantidade de produto obtida a partir das quantidades de serviços do capital K e da mão de obra L . O parâmetro γ é um parâmetro de eficiência, pois para dados K e L , quanto maior γ maior a quantidade de produto obtido.

De posse da função de produção Cobb Douglas, a produtividade marginal de um dos fatores dados acima, por exemplo, a mão de obra pode ser calculada por:

$$\frac{\partial Q}{\partial L} = \gamma K^\alpha \beta L^{\beta-1} = \beta \gamma \frac{K^\alpha L^\beta}{L}$$

Assim, da igualdade anterior, segue-se que a produtividade marginal da mão de obra é proporcional à sua produtividade média Q/L , isto é:

$$\frac{\partial Q}{\partial L} = \beta \frac{Q}{L}$$

Onde o coeficiente β de proporcionalidade entre as duas produtividades é a elasticidade do produto com relação à mão de obra, pois multiplicando-se ambos os lados por L/Q , obtém-se:

$$n_L = \frac{\partial Q}{\partial L} \frac{L}{Q} = \beta$$

Observa-se também que, de acordo com Barbosa (1985), aumentando-se proporcionalmente todos os fatores de produção de um coeficiente Θ , o aumento de produção resultante é igual a $\theta^{\alpha+\beta}$. Com efeito, multiplicando-se por Θ as quantidades de K e L na função de produção Q, obtém-se:

$$\gamma(\theta K)^\alpha (\theta L)^\beta = \gamma \theta^{\alpha+\beta} K^\alpha L^\beta = \theta^{\alpha+\beta} Q$$

Conclui-se então que os retornos de escala na função Cobb-Douglas são medidos pela soma dos parâmetros α e β , sendo possíveis os seguintes casos:

- a) $\alpha + \beta > 1$, retornos crescentes de escala;
- b) $\alpha + \beta = 1$, retornos constantes de escala;
- c) $\alpha + \beta < 1$, retornos decrescentes de escala.

6 A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

Os dados utilizados neste trabalho são oriundos da Braskem S.A., gentilmente cedidos para pesquisa acadêmica, os quais constam de séries temporais que datam de janeiro de 1996 a dezembro de 2007, compreendendo: o consumo total mensal dos insumos EDC (dicloroetano), eteno, água clarificada, vapor de 15 Kgf/cm², nitrogênio, energia elétrica, vapor de 42 Kgf/cm², gás combustível e os dados correspondentes ao produto final da planta de monocloreto de vinila, o MVC, além do total de horas em operação.

Tal conjunto de dados está alocado em 132 observações mensais, assim escolhidas com o intuito de representar a função de produção que será alvo desta análise e que irá ratificar ou contradizer a hipótese de que existe eficiência técnica neste segmento marcado pela integração vertical de suas plantas produtivas.

Não obstante, de acordo com Gujarati (2006), necessita-se, antes de iniciar a modelagem propriamente dita, investigar as propriedades estocásticas presentes nas séries temporais deste estudo, ou seja, fazer a distinção entre os mecanismos geradores da série de dados descobrindo se o processo estocástico é estacionário ou um passeio aleatório, tarefa esta que será desdobrada nos tópicos subsequentes.

6.1 Análise dos Dados Brutos

Como pode parecer óbvio, antes de começar o estudo dos dados que se tem em mãos, é sempre bom traçar os gráficos das séries temporais disponíveis, o que dará uma ideia do processo gerador, porém não excluirá a necessidade posterior de utilizar testes mais formais para confirmar a intuição alcançada a partir da análise em questão.

Observando então os gráficos apresentados a seguir (figuras 2 a 11), pode-se suspeitar que os dados que correspondem a cada linha de tendência constituem-se de passeios aleatórios, o que na literatura das séries temporais compreende dizer que tais dados não possuem média, variância ou covariância constante ao longo de várias defasagens.

Gráficos dos dados brutos

Figura 2 - Gráfico Dicloroetano

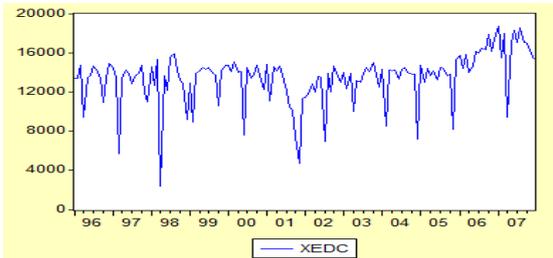


Figura 3 - Gráfico Eteno

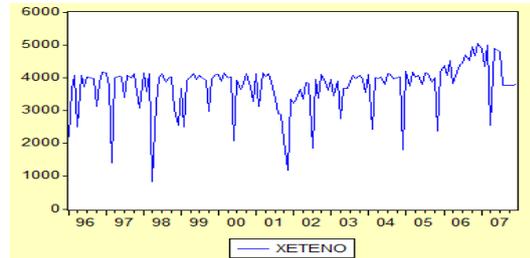


Figura 4 - Gráfico Vapor de 42 Kgf/cm²

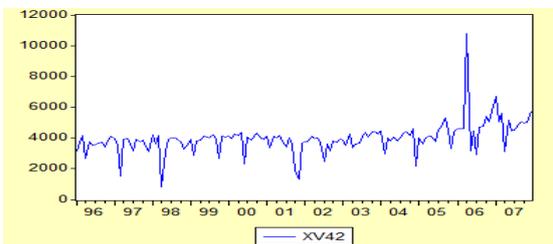


Figura 5 - Gráfico Vapor de 15 Kgf/cm²

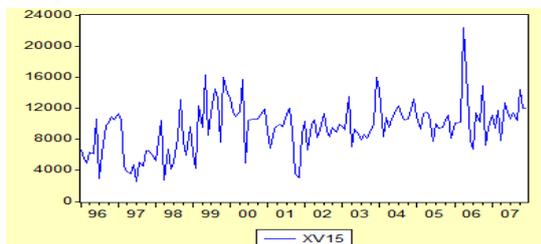


Figura 6 - Gráfico MVC

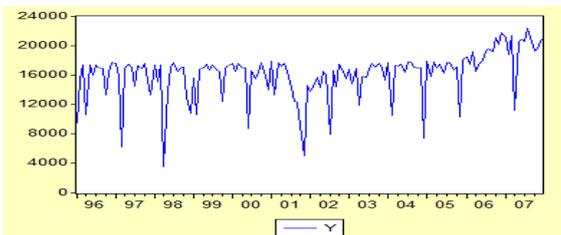


Figura 7 - Gráfico Gás Combustível

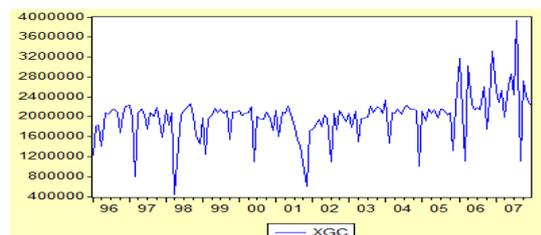


Figura 8 - Gráfico Energia Elétrica

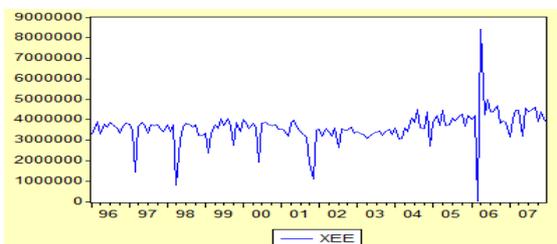
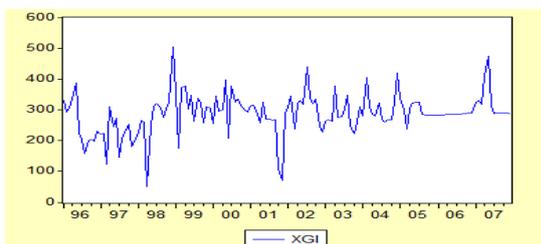


Figura 9 - Gráfico Nitrogênio



Fonte: Elaborados pelo autor com base em dados da Braskem (2012).

Figura 10 - Tempo de operação em horas

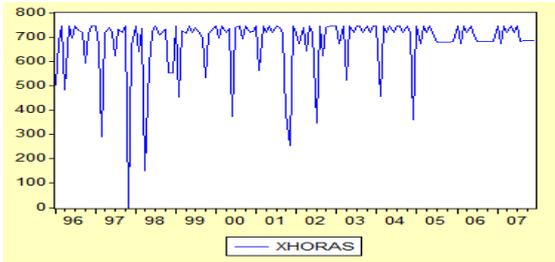
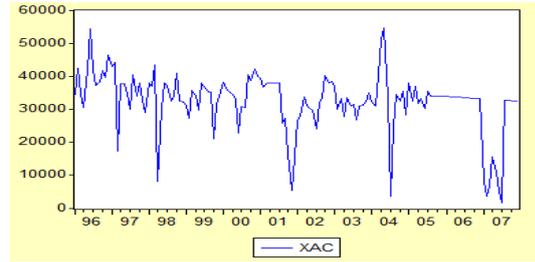


Figura 11 - Gráfico Água Clarificada



Fonte: Elaborados pelo autor com base em dados da Braskem (2012).

Em outras palavras, de acordo com Hamilton (1994), para que o processo subjacente seja fracamente estacionário, o mesmo deverá obedecer aos seguintes pressupostos: $E(Y_t) = \mu$, para todo t , e $E(Y_t - \mu)(Y_{t-j} - \mu) = \gamma_j$, para todo t e qualquer j . Ou seja, nem a média e nem a covariância devem depender do período t , fato este que parece não ser observado no conjunto de dados em estudo nos gráficos apresentados anteriormente.

Assim sendo, ao observar as tendências de forma detalhada, parece ser intuitivo que os dados constantes nas séries de produção e de consumo de insumos da planta de MVC são concebidos de forma puramente aleatória, o que de modo geral significa dizer que estes não apresentam tendência de reversão à média.

Portanto, o próximo teste a ser empregado para verificar a presença de estacionariedade fraca constitui na análise do correlograma que está baseada na função de autocorrelação com defasagem k , denotada por ρ_k , cuja função é definida como:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$$

Onde: γ_k = covariância com defasagem k e γ_0 = variância.

Observa-se ainda que ρ_k é um número sem unidades ou número puro. Situa-se entre -1 e +1. Como os dados que se têm em mãos são apenas uma realização de um processo estocástico, pode-se apenas calcular a função de autocorrelação amostral $\hat{\rho}_k$. Dessa forma, a covariância amostral com defasagem k é dada por:

$$\hat{\rho}_k = \frac{1}{n} \sum (y_t - \bar{y})(y_{t+k} - \bar{y})$$

Já a variância amostral é definida como:

$$\hat{\gamma}_0 = \sum (y_t - \bar{y})^2 \frac{1}{n}$$

Assim sendo, o correlograma amostral acusará ou não a presença de estacionariedade fraca a partir da função de autocorrelação, representando a mesma através de uma linha vertical sólida na qual os valores situados abaixo desta assumirão números negativos, e os valores situados acima desta assumirão números positivos, sendo a ocorrência de um processo puramente de ruído branco quando a autocorrelação estiver em torno de zero em várias defasagens.

Outro aspecto em questão diz respeito à significância estatística dos estimadores de ρ . Bartlett (1946) mostrou que quando uma série temporal é puramente aleatória, isto é, exibe ruído branco, os coeficientes de autocorrelação da amostra $\hat{\rho}_k$ são aproximadamente:

$$\rho_k \sim N\left(0, \frac{1}{n}\right)$$

Isto é, em amostras grandes, os coeficientes de autocorrelação amostral têm distribuição normal com média zero e variância igual a 1 para o total do tamanho da amostra.

Observando as figuras a seguir discriminadas (12 a 21), que denotam os correlogramas em nível das séries temporais referentes a consumo de água clarificada, dicloroetano, energia elétrica, Eteno, gás combustível, nitrogênio, vapor de 15 Kgf/cm², vapor de 42 Kgf/cm², horas em operação e produção de MVC construídos a partir de 36 defasagens, pode-se verificar um padrão similar em alguns destes ao apresentado por séries que exibem o fenômeno do passeio aleatório.

Desse modo, os processos presentes nos correlogramas das figuras 12 a 21 demonstram em algumas defasagens, para o coeficiente de correlação amostral, tendência de não reversão à média, ou seja, em alguns períodos os valores para média são diferentes de zero além de que a variância amostral para o total do tamanho da amostra parece ser diferente de 1.

O fato do conjunto de dados possuir características condizentes com processos não estacionários, a priori, constitui qualidade bastante nociva para a modelagem da regressão proposta neste trabalho, pois desse modo os resultados

alcançados a partir dos regressores estimados poderão ser em sua grande totalidade viesados e pouco confiáveis.

Correlogramas em nível

Figura 12 - Correlograma Água Clarificada

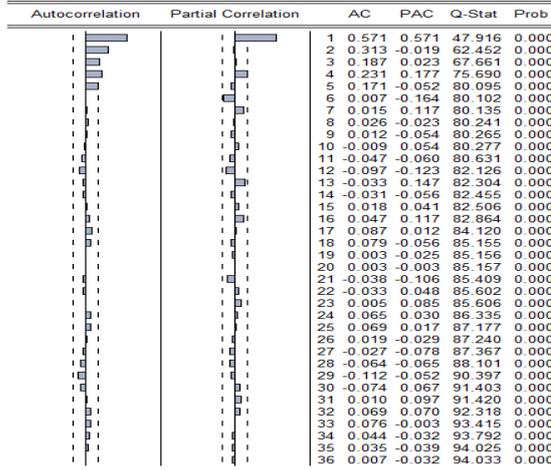


Figura 13 - Correlograma Dicloroetano

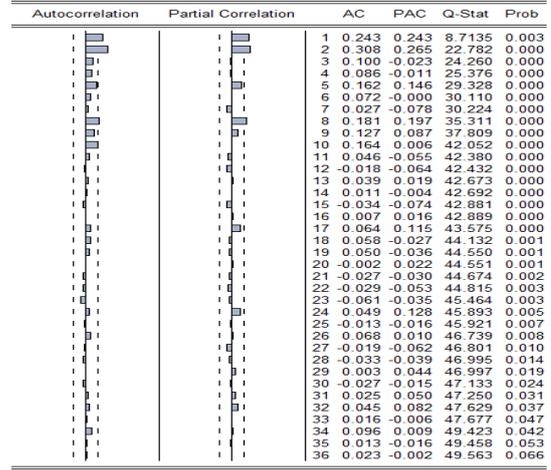


Figura 14 - Correlograma Energia elétrica

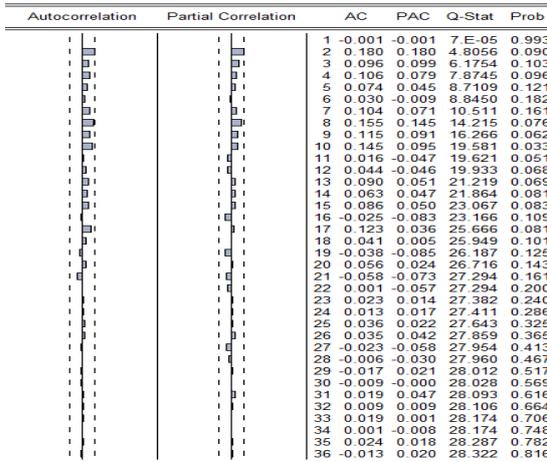
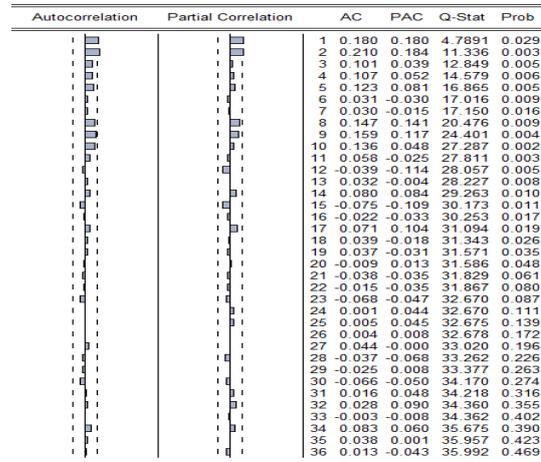


Figura 15 - Correlograma Eteno



Fonte: Elaborados pelo autor com base em dados da Braskem (2012).

Correlogramas em nível

Figura 16 - Correlograma Gás Combústivel

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.132	0.132	2.5549	0.110		
2	0.177	0.163	7.2025	0.027		
3	0.153	0.117	10.695	0.013		
4	0.103	0.050	12.279	0.015		
5	0.073	0.017	13.094	0.023		
6	0.035	-0.014	13.278	0.039		
7	0.036	0.003	13.482	0.061		
8	0.170	0.158	17.968	0.021		
9	0.081	0.045	18.989	0.025		
10	0.103	0.044	20.653	0.024		
11	0.112	0.047	22.643	0.020		
12	0.010	-0.064	22.659	0.031		
13	0.003	-0.054	22.660	0.046		
14	0.063	0.051	23.292	0.056		
15	0.020	0.015	23.357	0.077		
16	-0.032	-0.070	23.525	0.100		
17	0.052	0.040	23.973	0.120		
18	0.029	0.005	24.113	0.151		
19	0.036	-0.005	24.331	0.184		
20	0.025	0.015	24.437	0.224		
21	-0.022	-0.035	24.522	0.268		
22	-0.012	-0.040	24.548	0.319		
23	-0.047	-0.042	24.929	0.354		
24	0.007	0.045	24.939	0.409		
25	0.026	0.030	25.056	0.459		
26	0.008	0.016	25.069	0.515		
27	0.028	0.024	25.211	0.563		
28	-0.017	-0.061	25.263	0.614		
29	-0.014	-0.029	25.297	0.663		
30	-0.033	-0.014	25.498	0.701		
31	0.023	0.064	25.597	0.740		
32	0.028	0.049	25.748	0.775		
33	0.028	0.031	25.901	0.806		
34	0.059	0.034	26.569	0.815		
35	0.033	-0.018	26.782	0.839		
36	0.016	-0.013	26.833	0.866		

Figura 17 - Correlograma Nitrogênio

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.388	0.388	22.189	0.000		
2	0.194	0.050	27.734	0.000		
3	0.189	0.116	33.084	0.000		
4	0.207	0.109	39.497	0.000		
5	0.213	0.099	46.356	0.000		
6	0.120	-0.023	48.566	0.000		
7	0.026	-0.070	48.673	0.000		
8	-0.004	-0.051	48.676	0.000		
9	0.057	0.045	49.174	0.000		
10	0.089	0.051	50.415	0.000		
11	0.033	-0.014	50.585	0.000		
12	-0.040	-0.054	50.837	0.000		
13	0.063	0.108	51.482	0.000		
14	0.019	-0.058	51.543	0.000		
15	-0.028	-0.054	51.668	0.000		
16	0.036	0.068	51.875	0.000		
17	-0.000	-0.021	51.875	0.000		
18	-0.041	-0.053	52.154	0.000		
19	0.050	0.092	52.568	0.000		
20	0.000	-0.045	52.568	0.000		
21	-0.030	-0.022	52.727	0.000		
22	-0.066	0.066	53.482	0.000		
23	-0.054	-0.023	53.992	0.000		
24	-0.066	-0.045	54.747	0.000		
25	-0.143	-0.097	58.350	0.000		
26	-0.011	-0.112	58.373	0.000		
27	-0.169	-0.190	63.488	0.000		
28	-0.168	-0.008	68.598	0.000		
29	-0.084	0.016	69.995	0.000		
30	0.100	0.051	71.735	0.000		
31	-0.083	0.041	73.022	0.000		
32	-0.055	0.012	73.588	0.000		
33	-0.072	-0.025	74.581	0.000		
34	-0.052	0.011	77.997	0.000		
35	-0.037	0.060	78.156	0.000		
36	-0.076	-0.091	79.272	0.000		

Figura 18 - Correlograma das Horas em Operação

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	-0.011	-0.011	0.0182	0.893		
2	-0.067	-0.068	0.6921	0.707		
3	-0.067	-0.068	1.3532	0.717		
4	-0.069	-0.076	2.0674	0.723		
5	0.117	0.107	4.1545	0.527		
6	-0.084	-0.097	5.2197	0.516		
7	-0.063	-0.061	5.8333	0.559		
8	0.243	0.249	14.985	0.059		
9	0.098	0.105	16.476	0.058		
10	0.065	0.066	17.148	0.071		
11	-0.074	-0.014	18.023	0.081		
12	-0.034	0.033	18.208	0.110		
13	0.051	0.005	18.626	0.135		
14	-0.031	-0.021	18.785	0.173		
15	-0.049	-0.030	19.178	0.206		
16	-0.034	-0.072	19.367	0.250		
17	0.074	0.021	20.270	0.261		
18	-0.010	-0.088	20.287	0.317		
19	0.073	0.091	21.181	0.327		
20	-0.060	-0.054	21.802	0.351		
21	-0.110	-0.121	23.875	0.299		
22	0.025	0.009	23.980	0.348		
23	-0.043	-0.021	24.302	0.387		
24	0.024	0.022	24.402	0.439		
25	0.015	0.003	24.442	0.494		
26	0.010	0.066	24.461	0.550		
27	0.056	-0.005	25.016	0.574		
28	-0.039	-0.010	25.298	0.612		
29	-0.028	0.030	25.437	0.655		
30	-0.119	-0.114	28.035	0.569		
31	0.084	0.125	29.337	0.552		
32	-0.029	-0.092	29.500	0.594		
33	-0.033	-0.023	29.710	0.632		
34	0.071	0.057	30.669	0.632		
35	-0.004	-0.002	30.672	0.677		
36	-0.011	-0.073	30.694	0.719		

Figura 19 - Correlograma Vapor de 15 Kg/cm²

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.409	0.409	24.640	0.000		
2	0.278	0.133	36.094	0.000		
3	0.250	0.119	45.450	0.000		
4	0.248	0.111	54.700	0.000		
5	0.210	0.051	61.355	0.000		
6	0.234	0.102	69.666	0.000		
7	0.157	-0.021	73.441	0.000		
8	0.229	0.127	81.538	0.000		
9	0.171	-0.007	86.107	0.000		
10	0.098	-0.056	87.602	0.000		
11	0.130	0.047	90.272	0.000		
12	0.225	0.132	98.339	0.000		
13	0.074	-0.115	99.221	0.000		
14	0.120	0.048	101.54	0.000		
15	0.083	-0.024	102.67	0.000		
16	0.142	0.076	105.97	0.000		
17	0.070	-0.064	106.79	0.000		
18	0.008	-0.083	106.80	0.000		
19	0.013	0.011	106.83	0.000		
20	0.054	-0.018	107.32	0.000		
21	-0.026	-0.065	107.44	0.000		
22	-0.094	-0.109	108.96	0.000		
23	-0.067	-0.014	109.73	0.000		
24	-0.090	-0.088	111.16	0.000		
25	-0.174	-0.119	116.50	0.000		
26	-0.129	-0.003	119.47	0.000		
27	-0.077	0.062	120.52	0.000		
28	-0.079	-0.049	121.66	0.000		
29	-0.108	-0.005	123.81	0.000		
30	-0.116	0.015	126.30	0.000		
31	-0.088	0.024	127.75	0.000		
32	-0.087	0.033	129.18	0.000		
33	-0.073	0.060	130.19	0.000		
34	-0.037	0.105	130.45	0.000		
35	-0.005	0.030	130.45	0.000		
36	-0.041	-0.007	130.77	0.000		

Fonte: Elaborados pelo autor com base em dados da Braskem (2012).

Correlogramas em nível

Figura 20 - Correlograma Vapor de 42

Kgf/cm²

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.215	0.215	6.7950	0.009	
2	0.247	0.211	15.854	0.000	
3	0.077	-0.012	16.728	0.001	
4	0.174	0.122	21.297	0.000	
5	0.112	0.055	23.188	0.000	
6	0.147	0.066	26.463	0.000	
7	0.170	0.112	30.898	0.000	
8	0.226	0.141	38.810	0.000	
9	0.278	0.181	50.869	0.000	
10	0.174	0.031	55.642	0.000	
11	0.103	-0.040	57.324	0.000	
12	0.041	-0.059	57.591	0.000	
13	0.082	-0.004	58.658	0.000	
14	0.033	-0.053	58.839	0.000	
15	0.016	-0.085	58.880	0.000	
16	-0.055	-0.149	59.380	0.000	
17	0.110	0.057	61.393	0.000	
18	0.061	-0.002	62.007	0.000	
19	0.065	-0.009	62.718	0.000	
20	0.063	0.079	63.394	0.000	
21	0.011	-0.007	63.414	0.000	
22	0.022	0.024	63.498	0.000	
23	0.007	0.040	63.508	0.000	
24	0.043	0.076	63.835	0.000	
25	0.032	0.060	64.012	0.000	
26	0.024	-0.029	64.114	0.000	
27	0.037	-0.007	64.364	0.000	
28	0.024	-0.023	64.465	0.000	
29	0.013	-0.031	64.495	0.000	
30	0.002	-0.037	64.496	0.000	
31	0.053	0.022	65.021	0.000	
32	0.036	-0.006	65.268	0.000	
33	0.023	-0.018	65.369	0.001	
34	0.029	0.004	65.528	0.001	
35	0.020	0.011	65.602	0.001	
36	0.022	0.029	65.694	0.002	

Figura 21 - Correlograma de Produção

MVC

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.235	0.235	8.1006	0.004	
2	0.249	0.206	17.310	0.000	
3	0.128	0.037	19.762	0.000	
4	0.079	-0.003	20.698	0.000	
5	0.109	0.068	22.510	0.000	
6	0.034	-0.018	22.687	0.001	
7	0.031	-0.011	22.839	0.002	
8	0.151	0.149	26.359	0.001	
9	0.157	0.112	30.189	0.000	
10	0.145	0.039	33.485	0.000	
11	0.064	-0.042	34.131	0.000	
12	-0.020	-0.093	34.194	0.001	
13	0.039	0.019	34.433	0.001	
14	0.085	0.097	35.606	0.001	
15	-0.059	-0.106	36.173	0.002	
16	-0.008	-0.032	36.183	0.003	
17	0.082	0.113	37.299	0.003	
18	0.053	-0.004	37.762	0.004	
19	0.044	-0.047	38.087	0.006	
20	0.003	0.006	38.089	0.009	
21	-0.028	-0.021	38.222	0.012	
22	-0.002	-0.026	38.222	0.017	
23	-0.051	-0.044	38.668	0.022	
24	0.019	0.062	38.728	0.029	
25	0.023	0.053	38.825	0.038	
26	0.024	-0.001	38.924	0.050	
27	0.057	-0.010	39.517	0.057	
28	-0.019	-0.059	39.586	0.072	
29	-0.012	0.022	39.611	0.090	
30	-0.048	-0.040	40.045	0.104	
31	0.025	0.049	40.161	0.125	
32	0.034	0.077	40.382	0.147	
33	0.009	-0.010	40.398	0.176	
34	0.091	0.049	41.998	0.163	
35	0.050	-0.002	42.473	0.180	
36	0.027	-0.027	42.618	0.208	

Fonte: Elaborados pelo autor com base em dados da Braskem (2012).

Ainda com intuito de ajudar a esclarecer um pouco a verdadeira natureza dos dados em questão, será adotado o critério desenvolvido por Bartlett (1946), em seu artigo intitulado *On the Theoretical Especification of Sampling Properties of Autocorrelated Times series*, no qual o autor advoga que a significância estatística de qualquer pk pode ser julgada por seu erro padrão.

A tabela 1 apresenta os valores dos intervalos de confiança para o coeficiente de correlação amostral pk para um total de 27 defasagens das séries de dados dos insumos água clarificada, dicloroetano, energia elétrica, etileno e gás natural.

Tabela 1 - Intervalo de confiança para pk do correlograma amostral

Água clarificada	Dicloroetano	Energia elétrica	Etileno	Gás Natural
0,36 – 0,78	0,03 – 0,45	0,00 – 0,21	0,18 – 0,39	0,13 – 0,34
0,10 – 0,52	0,09 – 0,52	0,18 – 0,39	0,21 – 0,42	0,18 – 0,39
-0,02 – 0,40	-0,11 – 0,31	0,10 – 0,30	0,10 – 0,31	0,15 – 0,36
0,02 – 0,44	-0,12 – 0,29	0,11 – 0,31	0,11 – 0,32	0,10 – 0,31
-0,04 – 0,38	-0,05 – 0,37	0,07 – 0,28	0,12 – 0,33	0,07 – 0,28
-0,20 – 0,22	-0,14 – 0,28	0,03 – 0,24	0,03 – 0,24	0,04 – 0,24

Água clarificada	Dicloroetano	Energia elétrica	Etileno	Gás Natural
-0,19 – 0,22	-0,18 – 0,24	0,10 – 0,31	0,03 – 0,24	0,04 – 0,24
-0,18 – 0,23	-0,03 – 0,39	0,16 – 0,36	0,15 – 0,36	0,17 – 0,38
-0,20 – 0,22	-0,08 – 0,34	0,12 – 0,32	0,16 – 0,37	0,08 – 0,29
-0,22 – 0,20	-0,04 – 0,37	0,15 – 0,35	0,14 – 0,34	0,10 – 0,31
-0,26 – 0,16	-0,16 – 0,25	0,02 – 0,22	0,06 – 0,27	0,11 – 0,32
-0,31 – 0,11	-0,19 – 0,23	0,04 – 0,25	-0,04 – 0,17	0,01 – 0,22
-0,24 – 0,18	-0,17 – 0,25	0,09 – 0,30	0,03 – 0,24	0,00 – 0,21
-0,24 – 0,18	-0,20 – 0,22	0,06 – 0,27	0,08 – 0,29	0,06 – 0,27
-0,24 – 0,18	-0,24 – 0,17	0,09 – 0,29	-0,08 – 0,13	0,02 – 0,23
-0,19 – 0,23	-0,20 – 0,22	-0,03 – 0,18	-0,02 – 0,19	-0,03 – 0,18
-0,16 – 0,26	-0,14 – 0,27	0,12 – 0,33	0,07 – 0,28	0,05 – 0,26
-0,12 – 0,30	-0,15 – 0,27	0,04 – 0,25	0,04 – 0,25	0,03 – 0,24
-0,13 – 0,29	-0,16 – 0,26	-0,04 – 0,17	0,04 – 0,25	0,04 – 0,24
-0,21 – 0,21	-0,21 – 0,21	0,06 – 0,26	-0,01 – 0,20	0,03 – 0,23
-0,21 – 0,21	-0,24 – 0,18	-0,06 – 0,15	-0,04 – 0,17	-0,02 – 0,19
-0,25 – 0,17	-0,24 – 0,18	0,00 – 0,21	-0,02 – 0,19	-0,01 – 0,20
-0,24 – 0,18	-0,27 – 0,15	0,02 – 0,23	-0,07 – 0,14	-0,05 – 0,16
-0,20 – 0,21	-0,16 – 0,26	0,01 – 0,22	0,00 – 0,21	0,01 – 0,22
-0,14 – 0,27	-0,22 – 0,20	0,04 – 0,24	0,01 – 0,21	0,03 – 0,23
-0,14 – 0,28	-0,14 – 0,28	0,04 – 0,24	0,00 – 0,21	0,01 – 0,22
-0,19 – 0,23	-0,23 – 0,19	-0,02 – 0,19	0,04 – 0,25	0,03 – 0,24

Fonte: Elaborada pelo autor usando a base de dados da Braskem S.A.

Observa-se, então, que todos os grupos de dados estudados na tabela anterior possuem intervalos que não contemplam o valor zero, a exemplo da terceira linha da planilha, o que segundo o critério estabelecido por Bartlett (1946) é o mesmo que rejeitar a hipótese de que o verdadeiro ρ_k iguala-se a zero, ou seja, tais séries temporais podem apresentar características semelhantes a passeios aleatórios.

Prosseguindo com o estudo dos dados constantes nos correlogramas das figuras 12 a 21, a tabela 2 demonstrará os intervalos de confiança para o restante dos coeficientes de correlação amostral das séries temporais de consumo de nitrogênio,

vapor de 15kgf/cm², vapor de 42 Kgf/cm², de horas em operação e de produção de MVC, todos para um total de 27 defasagens.

A exemplo da análise feita a partir da tabela 1, os dados da tabela 2 apresentam comportamento semelhante ao de passeio aleatório, ou seja, parece ser intuitivo que tais intervalos em algumas defasagens não contemplam o valor zero, o que leva a crer que a média, a variância ou a covariância não são constantes ao longo do tempo.

Outro fato que chama a atenção em tais conjuntos de dados é que o intervalo de confiança, para algumas séries temporais que não são integradas à unidade produtiva ou que foram integradas recentemente, como é o caso do vapor de 15 e 42Kgf/cm², energia elétrica e do nitrogênio, apresentam número maior de defasagens em que o valor zero não aparece. Em outras palavras, o correlograma amostral dessas variáveis distancia-se de processos estacionários de forma mais efetiva.

De certa forma, em processos químicos e petroquímicos, quão mais estável é o processo maior o domínio que se têm com relação à qualidade do produto final. Tais plantas investem uma grande gama de valores em aprimoramento e aperfeiçoamento de suas cadeias produtivas. Portanto, o que se tenta mostrar nessas linhas é que as variáveis mais específicas à produção são integradas pela empresa e mostram-se mais próximas de processos de caráter estacionário.

Tabela 2 - Intervalo de confiança para pk do correlograma amostral

Nitrogênio	Horas em operação	Vapor 15 Kgf/cm ²	Vapor 42 Kgf/cm ²	Produção de MVC
0,39 – 0,60	-0,01 – 0,20	0,41 – 0,62	0,22 – 0,42	0,24 – 0,44
0,19 – 0,40	-0,07 – 0,14	0,28 – 0,49	0,25 – 0,46	0,25 – 0,46
0,19 – 0,40	-0,07 – 0,14	0,25 – 0,46	0,08 – 0,29	0,13 – 0,34
0,21 – 0,42	-0,07 – 0,14	0,25 – 0,46	0,17 – 0,38	0,08 – 0,29
0,21 – 0,42	0,12 – 0,33	0,21 – 0,42	0,11 – 0,32	0,11 – 0,32
0,12 – 0,33	-0,08 – 0,12	0,23 – 0,44	0,15 – 0,36	0,03 – 0,24
0,03 – 0,23	-0,06 – 0,15	0,16 – 0,37	0,17 – 0,38	0,03 – 0,24
0,00 – 0,20	0,24 – 0,45	0,23 – 0,44	0,23 – 0,43	0,15 – 0,36
0,06 – 0,27	0,10 – 0,31	0,17 – 0,38	0,28 – 0,49	0,16 – 0,37

Nitrogênio	Horas em operação	Vapor 15 Kgf/cm ²	Vapor 42 Kgf/cm ²	Produção de MVC
0,09 – 0,30	0,07 – 0,27	0,10 – 0,31	0,17 – 0,38	0,15 – 0,35
0,03 – 0,24	-0,07 – 0,13	0,13 – 0,34	0,10 – 0,31	0,06 – 0,27
-0,04 – 0,17	-0,03 – 0,17	0,23 – 0,43	0,04 – 0,25	-0,02 – 0,19
0,06 – 0,27	0,05 – 0,26	0,07 – 0,28	0,08 – 0,29	0,04 – 0,25
0,02 – 0,23	-0,03 – 0,18	0,12 – 0,33	0,03 – 0,24	0,09 – 0,29
-0,03 – 0,18	-0,05 – 0,16	0,08 – 0,29	0,02 – 0,22	-0,06 – 0,15
0,04 – 0,24	-0,03 – 0,17	0,14 – 0,35	-0,06 – 0,15	-0,01 – 0,15
0,00 – 0,21	0,07 – 0,28	0,07 – 0,28	0,11 – 0,32	0,08 – 0,29
-0,04 – 0,17	-0,01 – 0,20	0,01 – 0,22	0,06 – 0,27	0,05 – 0,26
0,05 – 0,26	0,07 – 0,28	0,01 – 0,22	0,07 – 0,27	0,04 – 0,25
0,00 – 0,21	-0,06 – 0,15	0,05 – 0,26	0,06 – 0,27	0,00 – 0,21
-0,03 – 0,18	-0,11 – 0,10	-0,03 – 0,18	0,01 – 0,22	-0,03 – 0,18
-0,07 – 0,14	0,03 – 0,23	-0,09 – 0,11	0,02 – 0,23	0,00 – 0,21
-0,05 – 0,15	-0,04 – 0,17	-0,07 – 0,14	0,01 – 0,22	-0,05 – 0,16
-0,07 – 0,14	0,02 – 0,23	-0,09 – 0,12	0,04 – 0,25	0,02 – 0,23
-0,14 – 0,07	0,02 – 0,22	-0,17 – 0,03	0,03 – 0,24	0,02 – 0,23
-0,01 – 0,20	0,01 – 0,22	-0,13 – 0,08	0,02 – 0,23	0,02 – 0,23
-0,17 – 0,04	0,06 – 0,26	-0,08 – 0,13	0,04 – 0,25	0,06 – 0,27

Fonte: Elaborada pelo autor usando a base de dados da Braskem S.A.

Por sorte, a saída para o problema visualizado na discussão anterior pode estar no chamado processo integrado de ordem p $I(p)$ ou modelo de raiz unitária, que nada mais é do que efetuar uma transformação na série temporal estudada a fim de obter características estacionárias e assim não violar os pressupostos de MQO (mínimos quadrados ordinários).

Porém, continuando com a análise dos dados brutos, necessita-se por fim verificar a verdadeira natureza das séries que se tem em mãos. Desse modo, será empregado o teste de Dickey Fuller aumentado para ajudar a comprovar ou não a existência de processos estocásticos com características não estacionárias.

Assim sendo, supondo que cada conjunto de dados pode ser modelado como um processo estocástico, cada série assumirá a forma:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$$

Onde u_t é um termo de erro de ruído branco.

A ideia básica consiste em testar nas regressões a variável dependente Y_t contra a variável independente Y_{t-1} defasada de um período, ou seja, a hipótese a ser considerada é que, caso ρ apresente-se estatisticamente igual a 1, o modelo será um passeio aleatório.

Manipulando então a regressão anterior, obtem-se:

$$\begin{aligned} Y_t - Y_{t-1} &= \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t \\ &= (\rho - 1)Y_{t-1} + u_t \end{aligned}$$

Que alternativamente pode ser escrita como:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$$

Por conseguinte, deve-se testar a hipótese nula de que $\delta=0$, que é o mesmo que $\rho=1$, isto é, em caso afirmativo o processo subjacente é não estacionário.

Por suposição, o modelo de teste anterior considera que os termos de erro da regressão são não correlacionados, porém como se utilizará o teste de Dickey Fuller aumentado, pode-se rejeitar este pressuposto e considerar a possível existência de autocorrelação serial nos resíduos, o que será removida a partir da modelagem do novo termo de erro ε_t e pelo acréscimo dos valores defasados da variável dependente ΔY_t .

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_i$$

No caso supracitado, observa-se que o número de termos de diferenças defasadas a ser incluído é muitas vezes determinado empiricamente, sendo a ideia incluir termos suficientes para que o erro estimado seja não correlacionado.

Tabela 3 - Teste de Dickey Fuller aumentado

Teste de DickeyFuller aumentado			
Variável	Valor calculado	Valor crítico a 5%	Valor integrado I(1)
Água clarificada	-0,75	-1,94	-3,51
Dicloroetano	0,35	-1,94	-9,39
Energia elétrica	-0,32	-1,94	-10,34
Eteno	-0,3	-1,94	-8,38
Gás combustível	0,42	-1,94	-10,82
Nitrogênio	-0,68	-1,94	-6,58
Horas em operação	-0,11	-1,94	-10,41
Vapor de 15 Kgf/cm ²	-0,39	-1,94	-6,73
Vapor de 42 Kgf/cm ²	0,68	-1,94	-10,6
MVC	0,42	-1,94	-9,12

Fonte: Elaborado pelo autor usando a base de dados da Braskem S.A.

A tabela acima demonstra os valores da estatística tau de Dickey Fuller aumentado calculada a partir dos dados brutos na segunda coluna. A terceira coluna apresenta os valores críticos ao nível de 5% de confiança, enquanto a quarta coluna demonstra os valores calculados de tau para as séries temporais integradas em 1 defasagem.

Observa-se nitidamente que os valores calculados da estatística tau para todas as séries temporais apresentam-se menores em valor absoluto que o valor tabelado, o que comprova a suspeita levantada pela análise gráfica e do correlograma amostral que o mecanismo gerador desses dados constitui-se em processos estocásticos não estacionários, porém após integrar essas séries temporais em 1^a diferença, o que se têm são processos estacionários, caso este que será abordado no tópico seguinte.

6.2 Análise dos Dados Linearizados

Os processos de raiz unitária ou integrados de ordem (p) são muito comuns em análise econômica. Tal mecanismo decorre da violação do pressuposto básico de que a série temporal não possui média, variância ou autocovariância constante em várias defasagens.

De acordo com a análise deflagrada no capítulo anterior, os dados a serem utilizados no presente trabalho possuem propriedades compatíveis com passeios

aleatórios. Sendo assim, surgiu a necessidade de tornar as séries temporais estacionárias com intuito de adequar as mesmas à metodologia de modelagem proposta, possibilitando estimadores de MQO mais confiáveis.

A linearização das séries temporais de consumo de água clarificada, dicloroetano, energia elétrica, Eteno, gás combustível, nitrogênio, vapor de 15 Kgf/cm², vapor de 42 Kgf/cm², horas em operação e produção de MVC foi efetuada através de uma transformação monotônica tomando-se o logaritmo natural dos dados mês a mês.

Após a remoção da tendência estocástica, verificou-se através do correlograma amostral (figuras 22 a 31) que as propriedades das séries temporais tornaram-se compatíveis com processos estacionários, o que contribuirá para que os estimadores de MQO apresentem tendência de reversão a média ou afaste a possibilidade de viés de especificação.

Mais uma vez será necessária a aplicação de um teste mais robusto para detectar a presença de estacionariedade nas séries temporais integradas. Isso se deve ao fato de que antes de iniciar o processo de modelagem das funções Cobb Douglas constantes neste trabalho, deve-se ter a certeza de que os dados não induzirão a modelos de regressões espúrias que, de acordo com Yule (1926), pode ser verificada quando em dada estimação aparecer significância estatística em dados que a priori não deveriam exibir qualquer relação.

Correlogramas em primeira diferença AR(1)

Figura 22 - Correlograma Água Clarificada

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.489	0.489	35.192	0.000	
2	0.294	0.072	48.007	0.000	
3	0.232	0.084	56.058	0.000	
4	0.256	0.135	65.921	0.000	
5	0.271	0.108	77.036	0.000	
6	0.038	-0.229	77.253	0.000	
7	0.085	0.115	78.371	0.000	
8	0.067	-0.031	79.072	0.000	
9	0.086	0.025	80.217	0.000	
10	0.035	-0.035	80.408	0.000	
11	-0.020	0.004	80.469	0.000	
12	-0.021	-0.077	80.542	0.000	
13	-0.052	-0.017	80.977	0.000	
14	-0.017	0.018	81.025	0.000	
15	0.063	0.145	81.678	0.000	
16	0.098	0.052	83.259	0.000	
17	0.137	0.107	86.351	0.000	
18	0.089	-0.038	87.685	0.000	
19	0.022	-0.100	87.767	0.000	
20	0.041	-0.012	88.046	0.000	
21	-0.050	-0.129	88.482	0.000	
22	-0.012	0.036	88.506	0.000	
23	0.059	0.148	89.120	0.000	
24	0.074	0.035	90.084	0.000	
25	0.060	-0.019	90.716	0.000	
26	0.013	0.006	90.745	0.000	
27	0.015	-0.075	90.783	0.000	
28	-0.040	-0.085	91.072	0.000	
29	-0.058	0.012	91.687	0.000	
30	-0.069	0.006	92.558	0.000	
31	-0.043	0.017	92.902	0.000	
32	0.074	0.141	93.930	0.000	
33	0.072	0.004	94.922	0.000	
34	0.062	-0.031	95.649	0.000	
35	0.076	0.052	96.776	0.000	
36	0.046	-0.015	97.181	0.000	

Figura 23 - correlograma Dicloroetano

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.116	0.116	1.9841	0.159	
2	0.260	0.270	13.620	0.001	
3	0.020	-0.039	13.677	0.003	
4	0.136	0.068	16.463	0.002	
5	0.111	0.107	18.331	0.003	
6	0.077	0.005	19.235	0.004	
7	-0.014	-0.079	19.264	0.007	
8	0.150	0.151	22.763	0.004	
9	0.125	0.121	25.212	0.003	
10	0.044	-0.087	25.512	0.004	
11	0.038	-0.110	25.739	0.007	
12	0.089	0.116	26.994	0.008	
13	0.035	-0.042	27.195	0.012	
14	0.030	-0.068	27.337	0.017	
15	-0.052	-0.021	27.779	0.023	
16	-0.021	-0.019	27.848	0.033	
17	-0.026	-0.072	27.962	0.045	
18	-0.023	-0.019	28.051	0.061	
19	-0.039	0.020	28.307	0.078	
20	-0.073	-0.052	29.214	0.094	
21	-0.107	-0.123	31.179	0.071	
22	-0.019	0.071	31.241	0.091	
23	-0.157	-0.110	35.543	0.046	
24	-0.003	0.003	35.545	0.051	
25	-0.085	0.040	36.825	0.060	
26	-0.016	0.012	36.871	0.077	
27	-0.079	-0.067	37.981	0.078	
28	-0.105	-0.057	39.972	0.057	
29	-0.102	0.017	41.857	0.058	
30	-0.033	0.014	42.053	0.071	
31	0.008	0.067	42.065	0.089	
32	-0.045	0.010	42.451	0.102	
33	-0.042	-0.031	42.786	0.118	
34	0.075	0.135	43.847	0.120	
35	0.020	0.038	43.924	0.143	
36	0.098	0.046	45.791	0.127	

Fonte: Elaborados pelo autor com base em dados da Braskem (2012).

Correlogramas em primeira diferença AR(1)

Figura 24 - correlograma Energia elétrica

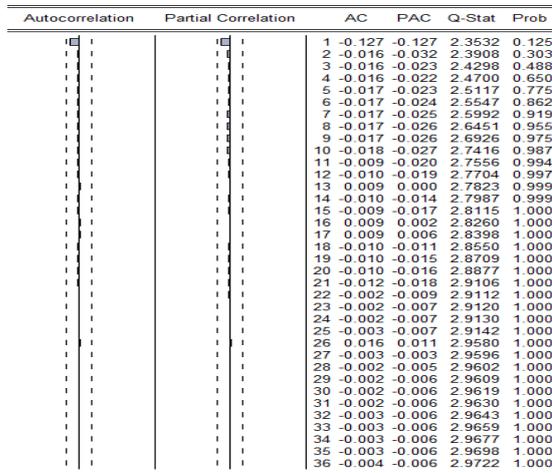


Figura 25 - Correlograma Eteno

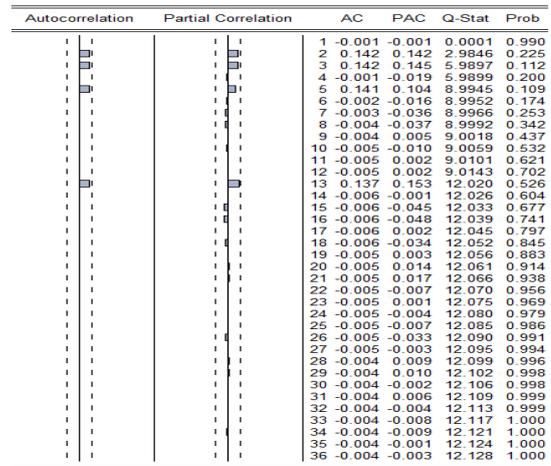


Figura 26 - Correlograma Gás Combustível

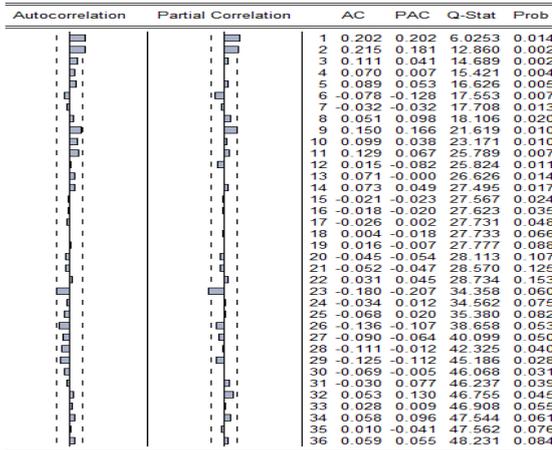
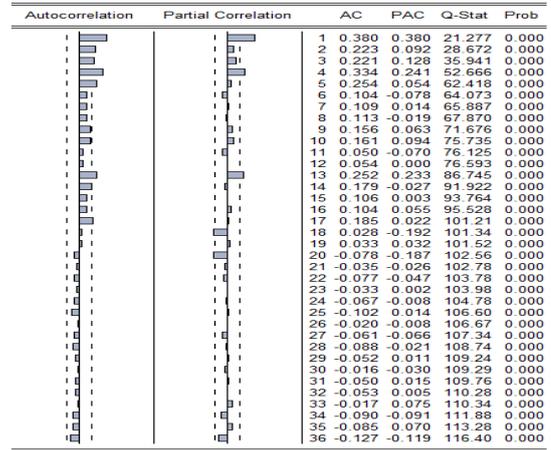


Figura 27 - Correlograma Nitrogênio



Fonte: Elaborados pelo autor com base em dados da Braskem (2012).

Correlogramas em primeira diferença AR(1)

Figura 28 - Correlograma das Horas em Operação

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.034	0.034	0.1711	0.679	
2	0.031	0.030	0.3176	0.853	
3	0.029	0.027	0.4412	0.932	
4	-0.010	-0.013	0.4573	0.978	
5	0.119	0.119	2.6135	0.759	
6	-0.016	-0.024	2.6509	0.851	
7	0.026	0.021	2.7531	0.907	
8	0.156	0.151	6.4935	0.592	
9	0.241	0.243	15.550	0.077	
10	0.158	0.140	19.461	0.035	
11	0.023	0.017	19.544	0.052	
12	-0.024	-0.036	19.635	0.074	
13	-0.027	-0.062	19.749	0.102	
14	0.015	-0.033	19.784	0.137	
15	-0.113	-0.157	21.848	0.112	
16	0.017	-0.025	21.897	0.147	
17	0.059	-0.014	22.467	0.167	
18	0.100	0.015	24.140	0.150	
19	0.069	-0.008	24.933	0.163	
20	-0.022	-0.010	25.017	0.201	
21	-0.157	-0.161	29.247	0.108	
22	0.017	0.044	29.294	0.137	
23	-0.057	-0.023	30.067	0.147	
24	-0.010	0.062	30.084	0.182	
25	0.076	0.127	31.096	0.186	
26	0.037	0.079	31.335	0.216	
27	0.122	0.087	34.016	0.166	
28	0.002	-0.007	34.018	0.200	
29	-0.117	-0.105	36.533	0.159	
30	-0.076	-0.075	37.593	0.160	
31	-0.034	-0.001	37.813	0.186	
32	-0.029	-0.040	37.974	0.216	
33	-0.024	-0.042	38.087	0.249	
34	0.105	0.079	40.209	0.214	
35	0.074	0.021	41.263	0.216	
36	0.035	-0.077	41.499	0.243	

Figura 29 - Correlograma Vapor de 15 Kgf/cm²

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.320	0.320	15.037	0.000	
2	0.199	0.108	20.929	0.000	
3	0.159	0.077	24.721	0.000	
4	0.159	0.083	28.540	0.000	
5	0.119	0.030	30.699	0.000	
6	0.119	0.048	32.873	0.000	
7	0.060	0.001	33.848	0.000	
8	0.079	0.022	34.823	0.000	
9	0.159	0.117	38.783	0.000	
10	0.119	0.022	41.011	0.000	
11	0.079	-0.004	41.994	0.000	
12	0.199	0.156	48.295	0.000	
13	0.079	-0.061	49.293	0.000	
14	0.079	0.011	50.299	0.000	
15	0.039	-0.034	50.545	0.000	
16	-0.041	-0.109	50.819	0.000	
17	-0.061	-0.062	51.896	0.000	
18	-0.040	-0.029	52.168	0.000	
19	-0.000	0.027	52.168	0.000	
20	-0.040	-0.033	52.444	0.000	
21	0.080	0.101	53.529	0.000	
22	0.040	-0.069	53.810	0.000	
23	-0.120	-0.123	56.328	0.000	
24	-0.081	-0.046	57.469	0.000	
25	-0.121	-0.074	60.054	0.000	
26	-0.241	-0.188	70.402	0.000	
27	-0.121	0.047	73.032	0.000	
28	-0.081	0.050	74.212	0.000	
29	-0.161	-0.074	78.950	0.000	
30	-0.121	-0.000	81.637	0.000	
31	-0.041	0.070	81.945	0.000	
32	-0.061	-0.010	83.167	0.000	
33	-0.001	0.027	83.167	0.000	
34	-0.041	0.016	83.484	0.000	
35	-0.001	0.113	83.484	0.000	
36	-0.041	-0.013	83.807	0.000	

Figura 30 - Correlograma Vapor de 42 Kgf/cm²

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.425	0.425	26.551	0.000	
2	0.307	0.155	40.529	0.000	
3	0.246	0.087	49.541	0.000	
4	0.189	0.037	54.902	0.000	
5	0.128	-0.006	57.362	0.000	
6	0.136	0.053	60.178	0.000	
7	0.210	0.141	66.929	0.000	
8	0.088	-0.082	68.114	0.000	
9	0.087	0.007	69.289	0.000	
10	0.091	0.022	70.583	0.000	
11	0.034	-0.045	70.764	0.000	
12	0.038	0.018	70.992	0.000	
13	0.172	0.175	75.761	0.000	
14	0.050	-0.118	76.168	0.000	
15	0.050	0.016	76.568	0.000	
16	0.049	-0.000	76.951	0.000	
17	0.048	-0.000	77.347	0.000	
18	0.048	0.047	77.725	0.000	
19	0.047	0.003	78.097	0.000	
20	0.046	-0.056	78.462	0.000	
21	0.050	0.072	78.894	0.000	
22	0.050	-0.003	79.319	0.000	
23	0.049	-0.002	79.737	0.000	
24	0.048	0.040	80.147	0.000	
25	0.048	-0.005	80.550	0.000	
26	0.047	-0.032	80.946	0.000	
27	0.047	0.058	81.335	0.000	
28	0.046	-0.019	81.716	0.000	
29	0.045	0.015	82.090	0.000	
30	0.045	0.018	82.457	0.000	
31	0.044	-0.019	82.817	0.000	
32	0.043	0.014	83.170	0.000	
33	0.043	0.034	83.516	0.000	
34	0.042	-0.028	83.855	0.000	
35	0.041	0.021	84.186	0.000	
36	0.041	0.009	84.511	0.000	

Figura 31 - Correlograma de Produção MVC

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.116	0.116	1.9841	0.159	
2	0.280	0.270	13.620	0.001	
3	0.020	-0.039	13.677	0.003	
4	0.136	0.068	16.463	0.002	
5	0.111	0.107	18.331	0.003	
6	0.077	0.005	19.235	0.004	
7	-0.014	-0.079	19.264	0.007	
8	0.150	0.151	22.763	0.004	
9	0.125	0.121	25.212	0.003	
10	0.044	-0.067	25.512	0.004	
11	0.038	-0.010	25.739	0.007	
12	0.089	0.116	26.994	0.008	
13	0.035	-0.042	27.195	0.012	
14	0.030	-0.068	27.337	0.017	
15	-0.052	-0.021	27.779	0.023	
16	-0.021	-0.019	27.948	0.033	
17	-0.026	-0.072	27.962	0.045	
18	-0.023	-0.019	28.051	0.061	
19	-0.039	0.020	28.307	0.078	
20	-0.073	-0.092	29.214	0.084	
21	-0.107	-0.123	31.179	0.071	
22	-0.019	0.071	31.241	0.091	
23	-0.157	-0.110	35.543	0.046	
24	-0.003	0.003	35.545	0.061	
25	-0.085	0.040	36.825	0.060	
26	-0.016	0.012	36.871	0.077	
27	-0.079	-0.067	37.981	0.078	
28	-0.105	-0.067	39.972	0.067	
29	-0.102	0.017	41.857	0.058	
30	-0.033	0.014	42.053	0.071	
31	0.008	0.067	42.065	0.089	
32	-0.045	0.010	42.451	0.102	
33	-0.042	-0.031	42.786	0.118	
34	0.075	0.135	43.847	0.120	
35	0.020	0.038	43.924	0.143	
36	0.098	0.046	45.791	0.127	

Fonte: Elaborados pelo autor com base em dados da Braskem (2012).

Prosseguindo com a análise, o teste de DickeyFuller aumentado das séries temporais linearizadas visualizado na tabela 4 a seguir apresenta estatística tau (τ) calculada na segunda coluna para todos os conjuntos de dados superior em valor absoluto aos valores tabelados ao nível de significância estatístico de 5 e 10%, o que significa rejeitar a hipótese nula de que as séries de tempo apresentam passeios aleatórios ou contêm pelo menos uma raiz unitária.

Tabela 4 - Teste de Dickey Fuller aumentado

Teste de DickeyFuller aumentado			
Variavel	Valor calculado	Valor crítico a 5%	Valor crítico a 10%
ln água clarificada	-6,94	-2,88	-2,57
Indicloroetano	-5,88	-2,88	-2,57
ln energia elétrica	-13,48	-2,88	-2,57
ln eteno	-11,88	-2,88	-2,57
ln gás combustível	-6,28	-2,88	-2,57
ln nitrogênio	-7,93	-2,88	-2,57
ln horas em operação	-11,63	-2,88	-2,57
ln vapor de 15 Kgf/cm ²	-8,52	-2,88	-2,57
ln vapor de 42 Kgf/cm ²	-3,79	-2,88	-2,57
ln MVC	-5,89	-2,88	-2,57

Fonte: Elaborada pelo autor usando a base de dados da Braskem S.A.

6.3 O Processo de Produção do MVC

O processo de produção de monocloreto de vinila (MVC), em Alagoas, caracteriza-se pela reação do craqueamento do 1,2 dicloroetano em alta temperatura, através da queima do gás natural. O EDC é alimentado às fornalhas por meio de uma serpentina vertical em relação à caixa do forno através de bombas, pré-aquecido a aproximadamente 230°C na zona de convecção da fornalha e vaporizado a 250°C do primeiro ao quarto tubo da seção de radiação. Na seção restante da radiação, o EDC (1,2 dicloroetano) é superaquecido e então craqueado a 480~500°C.

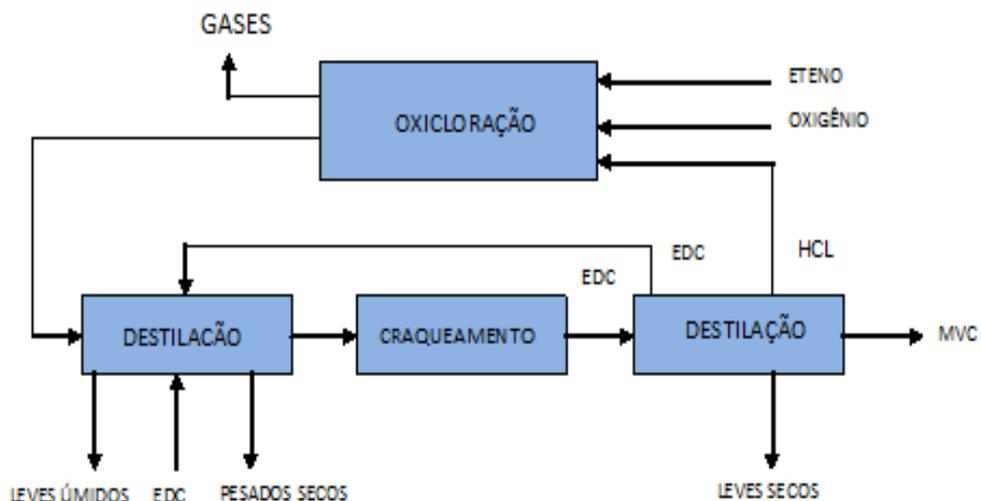
A planta de monocloreto de vinila da Braskem S.A. está situada no município de Marechal Deodoro no estado de Alagoas, sendo de fundamental importância para a cadeia de produção do policloreto de vinila (PVC), pois seu produto final, o MVC, é utilizado como insumo na fabricação das resinas de PVC que, por sua vez, é bastante utilizada na confecção de tubos e conexões, bolsas, brinquedos, sapatos e na indústria da construção civil devido suas propriedades físico-químicas serem ideais para produção de telhas, portas e forros.

Outro aspecto interessante é o grau de encadeamento presente no processo produtivo, que poderá ser demonstrado utilizando os conceitos da escola francesa de economistas industriais, apoiando-se no tema delimitado por Morvan (1985), que reforçou a hipótese de que uma cadeia produtiva é uma série de operações de

transformações dissociáveis capazes de serem separadas entre si e ligadas por um encadeamento técnico, sendo no âmbito econômico um conjunto de ações que presidem a valoração dos meios de produção e asseguram a articulação das operações produtivas.

No fluxograma apresentado a seguir (figura 32), tem-se a demonstração do processo produtivo de monocloreto de vinila. Observa-se que a unidade produtiva opera em regime contínuo, o que contribui para que as decisões tomadas pelos articuladores da produção afetem de forma quase que direta o grau de eficiência da planta. Tais decisões envolvem limitações na produção em virtude de término de campanha dos equipamentos e decisões estratégicas em relação ao mercado, principalmente durante períodos de crise, a exemplo da crise inflacionária de 1991 a 1993. De acordo com Lacerda (1996), houve nesse período uma forte retração no PIB brasileiro a nível de 10%.

Figura 32 - Fluxograma da parte da cadeia produtiva da planta de MVC



Fonte: Braskem S.A.

Importa observar que a frequência, como atributo da transação, no caso dos insumos utilizados na produção de monocloreto de vinila, principalmente com respeito ao dicloreto, vapor de 15 Kgf/cm² e 42 Kgf/cm², água clarificada, eteno, entre outros, foram cruciais durante o processo de decisão rumo a uma maior integração vertical da planta Braskem.

6.4 A Função de Produção Estimada

A produção de monocloreto de vinila constitui em um conjunto de operações unitárias tidas como contínuas, extremamente influenciadas pelo uso adequado de seus insumos que poderão ou não contribuir para eficiência produtiva, a depender da forma como estão alocadas e se ajustam à função de produção.

Considerando que nesse processo existem ativos com alto grau de especificidade, o que segundo Williamson (1991) são ativos que não podem ser reempregáveis em processos produtivos a não ser com perda de valor, elaborou-se duas modelagens econométricas com intuito de se verificar qual das funções melhor se ajusta à produção e se estão ou não ocorrendo economias de escala, o que porventura poderá ser um indicativo do grau de eficiência alocativa da planta produtiva. Vale lembrar que a alta especificidade de ativos vai favorecer fortemente a integração vertical.

A primeira função de produção a ser analisada constitui dos dados de consumo de vapor de 15 e 42 Kgf/cm², água clarificada, eteno e dicloroetano plotados contra uma variável dependente que, nesse caso, corresponderá à produção da firma em t/mês. Convém também salientar que, possivelmente devido à característica específica dos insumos citados neste parágrafo, todos, sem exceção, passaram a ser integrados pela empresa no ano de 2002.

Assim, considerando que a função de produção expressa uma relação entre os insumos e o produto final, tem-se que:

$$Y = \beta(Xac - Xac_{-1})^{\theta 1} Xedc^{\theta 2} Xeteno^{\theta 3} (Xv15 - Xv15_{-1})^{\theta 4} Xv42^{\theta 5}$$

Onde: Y representa a produção de monocloreto de vinila (MVC), Xac corresponde ao consumo de água clarificada, Xedc ao consumo de dicloroetano, Xeteno ao consumo de eteno e Xv15 e Xv42 ao consumo de vapor de 15 e 42 Kgf/cm², respectivamente.

Cada uma das variáveis explanatórias citadas na função anterior se relaciona com a variável dependente de forma bastante específica. O dicloroetano (EDC), o eteno e o vapor de 42 Kgf/cm² impactam diretamente no resultado final, influenciando a produção de forma positiva; já o vapor de 15 Kgf/cm² e a água clarificada impactam de maneira indireta, porém sua taxa de variação poderá contribuir ou não para o resultado final da produção de MVC.

Portanto, devido ao fato do insumo vapor de 15 Kgf/cm² e água clarificada serem fontes de energia térmica em equipamentos utilizados para destilação de compostos químicos, as chamadas torres de destilação, as variações de consumo desses insumos impactam a produção final de forma bastante significativa. Desse modo, os mesmos serão representados na função de produção como a variação do consumo no período atual menos o consumo no período imediatamente anterior.

Outro aspecto importante é que, embora a função de produção possa a primeira vista sugerir que as variáveis dependentes se relacionam com a variável independente de forma não linear, na modelagem de mínimos quadrados ordinários, o que realmente interessa é a maneira como os parâmetros e o termo de erro se relacionam na equação. Desse modo, após tomar-se uma simples transformação logarítmica, têm-se que:

$$\log Y = \log \beta (X_{ac} - X_{ac-1})^{\theta_1} X_{edc}^{\theta_2} X_{eteno}^{\theta_3} (X_{v15} - X_{v15-1})^{\theta_4} X_{v42}^{\theta_5}$$

Que poderá ser representado por:

$$\log Y = \log \beta + \theta_1 \log(X_{ac} - X_{ac-1}) + \theta_2 \log X_{edc} + \theta_3 \log X_{eteno} + \theta_4 \log(X_{v15} - X_{v15-1}) + \theta_5 \log X_{v42}$$

Essa equação também é conhecida como função de elasticidades constantes, o que segundo Greene (2003) representa a elasticidade de Y com respeito a mudanças em X, $d \ln Y / d \ln X_k$. O autor infere ainda que essa forma funcional é muitas vezes utilizada em estimações com funções de demanda e com funções de produção como é o caso na presente seção.

Sendo assim, ao rodar o modelo com as 132 observações disponíveis dos 5 regressores contra a variável dependente na primeira estimação, com auxílio do software Eviews 5, obtem-se a forma funcional representada a seguir:

$$\ln Y = 1,32 + 0,33 \ln X_{edc} + 0,20 (\ln X_{ac} - \ln X_{ac-1}) + 0,63 \ln X_{eteno} + 0,49 \ln X_{v42} - 0,02 (\ln X_{v15} - \ln X_{v15-1}) - 0,20 d1 - 0,15 d2 + u_i$$

A tabela 5 a seguir, demonstra os valores para o teste de significância estatístico dos coeficientes do modelo de regressão, além do R² ajustado e da estatística de Durbin Watson como forma de auxiliar de maneira mais efetiva na avaliação da modelagem proposta.

Tabela 5 - Modelo de regressão com ativos integrados

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.316601	0.125695	10.47455	0.0000
LN_XEDC	0.333646	0.043563	7.658867	0.0000
LN_XAC-LN_XAC(-1)	0.020400	0.005016	4.067318	0.0001
LN_XETENO	0.633794	0.042656	14.85809	0.0000
LN_XV42	0.039485	0.018423	2.143214	0.0339
LN_XV15-LN_XV15(-1)	-0.016669	0.006664	-2.501252	0.0136
DUMMY3	-0.197166	0.028836	-6.837543	0.0000
DUMMY4	-0.147273	0.029619	-4.972226	0.0000
R-squared	0.988923	Mean dependent var	9.665847	
Adjusted R-squared	0.988349	S.D. dependent var	0.256096	
S.E. of regression	0.027643	Akaike info criterion	-4.284546	
Sum squared resid	0.103161	Schwarz criterion	-4.118792	
Log likelihood	314.3450	F-statistic	1721.784	
Durbin-Watson stat	1.912657	Prob(F-statistic)	0.000000	

Fonte: Elaborada pelo autor usando a base de dados da Braskem S.A.

Com os dados da modelagem em detalhe, verifica-se que conjuntamente todos os coeficientes do modelo de regressão são estatisticamente significativos ao nível de 5% de confiança. O R^2 que mede o grau de ajustamento do modelo situando-se em 0,98 sugere que o modelo está com um bom ajustamento, enquanto a estatística d de Durbin Watson com valor de 1,91 implica na ausência de autocorrelação serial nos resíduos da reta de regressão, o que corrobora com a certeza de que o modelo está corretamente especificado.

Outro ponto de observação é que, mesmo analisando os parâmetros do modelo de forma individual, verifica-se que a estatística de teste t de student rejeita a hipótese nula de que os regressores não são estatisticamente significativos, pois o valor calculado para todos os coeficientes mostrou-se superior ao valor tabelado ao nível de 5% de confiança.

Antes de se iniciar o teste para verificação do grau de retornos de escala do modelo 1, necessita-se submeter o mesmo a uma análise mais detalhada para validar algumas das premissas de MQO (mínimos quadrados ordinários) vistas na seção 5.

Uma premissa extremamente importante é a da ausência de multicolinearidade perfeita entre os regressores em um modelo de estimação por MQO, que resulta quando duas variáveis independentes podem ser expressas como combinações lineares umas das outras.

Como o software utilizado foi o eviews 5, de acordo com Soares e Castelar (2003), tal programa não pode gerar a estimação dos coeficientes de regressão quando o modelo especificado contém duas ou mais variáveis perfeitamente

colineares ou ainda um nível alto de colinearidade devido ao fato dos coeficientes de regressão nesse caso serem indeterminados com seus desvios padrões infinitos.

Outro tipo de multicolinearidade que pode viesar as estimativas de MQO é a multicolinearidade alta, porém imperfeita, que geralmente acompanha a variância elevada com conseqüente desvio padrão alto, o que limita a tendência de reversão à média dos estimadores em um modelo de regressão.

Uma das formas de detectar esse fenômeno consiste em observar os valores das estatísticas t de student que nesse caso aceitam a hipótese nula tornando os parâmetros individualmente insignificantes do ponto de vista estatístico, mesmo na presença de R^2 alto e estatística F rejeitando a hipótese de que os coeficientes são conjuntamente iguais a zero. Como no modelo 1 nenhuma dessas premissas foram observadas, pressupõe-se ausência de multicolinearidade elevada.

O próximo pressuposto do modelo de MQO a ser testado na regressão 1 é a ausência de autocorrelação serial nos resíduos. Embora tal aspecto pareça ser satisfeito a partir da análise da estatística d de Durbin Watson, necessita-se aplicar um teste mais robusto para confirmação de que o modelo está corretamente especificado

A tabela 6 a seguir irá demonstrar o teste para detecção de autocorrelação serial de Breusch e Godfrey aplicado ao modelo 1 que permite a presença de regressores não estocásticos, termos de médias móveis e processos autoregressivos de ordem elevada, sendo portanto um teste mais completo para detecção da presença de autocorrelação serial nos resíduos da regressão estimada.

Tabela 6 - Teste de Breusch Goodfrey para o modelo 1

F-statistic	7.696614	Probability	0.000687	
Obs*R-squared	14.83377	Probability	0.000601	
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.006609	0.119914	0.055116	0.9561
LN_XEDC	-0.036492	0.044451	-0.820944	0.4131
LN_XAC-LN_XAC(-1)	-0.000490	0.004792	-0.102213	0.9187
LN_XETENO	0.045230	0.044278	1.021500	0.3089
LN_XV42	-0.012706	0.017900	-0.709852	0.4790
LN_XV15-LN_XV15(-1)	0.002503	0.006397	0.391293	0.6962
DUMMY3	0.047412	0.031275	1.516000	0.1319
DUMMY4	0.026649	0.031382	0.849186	0.3973
RESID(-1)	0.174160	0.113087	1.540053	0.1259
RESID(-2)	0.379404	0.097971	3.872631	0.0002
R-squared	0.103733	Mean dependent var	-2.69	
Adjusted R-squared	0.043083	S.D. dependent var	0.026953	
S.E. of regression	0.026366	Akaike info criterion	-4.366090	
Sum squared resid	0.092460	Schwarz criterion	-4.158898	
Log likelihood	322.1755	F-statistic	1.710359	
Durbin-Watson stat	2.085835	Prob(F-statistic)	0.092515	

Fonte: Elaborada pelo autor usando a base de dados da Braskem S.A.

Considerando que nessa metodologia de teste a hipótese nula é a de que $\rho_1=\rho_2=\dots=\rho_n=0$, ou seja, ausência de autocorrelação serial, verifica-se que o modelo 1 está consistente com a premissa de MQO, pois com o valor calculado da estatística F de 1,71 contra um valor tabelado de 7,69 não se pode rejeitar a hipótese nula de ausência de autocorrelação serial nos resíduos da reta de regressão.

O próximo passo da presente seção será a demonstração da modelagem da função de produção com os insumos não integrados à empresa, insumos estes adquiridos de terceiros, modelados na forma funcional Cobb Douglas com intuito de confrontar os resultados obtidos a partir desta contra os resultados obtidos na regressão com insumos integrados à firma.

Os insumos utilizados na modelagem não integrada à empresa são consumo de energia elétrica na planta industrial, consumo de nitrogênio, consumo de gás combustível e horas trabalhadas. O primeiro insumo descrito neste parágrafo é utilizado na alimentação de motores elétricos; o segundo, na inertização dos equipamentos e na diluição de correntes gasosas; o terceiro, nas fornalhas de pirólise como combustível; e o quarto representa as horas em operação.

Considerando mais uma vez que a função de produção representa a forma como as variáveis independentes se relacionam com a variável dependente, segue que a função de produção poderá ser descrita como:

$$Y = \beta X_{ee}^{\theta_1} X_{gc}^{\theta_2} (X_{gi} - X_{gi-1})^{\theta_3} X_{horas}^{\theta_4}$$

Onde: Y é a produção de MVC, X_{ee} é o consumo de energia elétrica, X_{gc} é o consumo de gás combustível, X_{gi} é o consumo de nitrogênio e X_{horas} são as horas em operação da planta produtiva.

Sabendo que a modelagem empregada será a de MQO (mínimos quadrados ordinários), o que realmente interessa no pressuposto da linearidade é a forma como os parâmetros e o termo de erro se relacionam no modelo. Então, a função de produção descrita anteriormente poderá ser transformada do seguinte modo:

$$\log Y = \log \beta X_{ee}^{\theta_1} X_{gc}^{\theta_2} (X_{gi} - X_{gi-1})^{\theta_3} X_{horas}^{\theta_4}$$

Que poderá ser representada como:

$$\log Y = \log \beta + \theta_1 \log X_{ee} + \theta_2 \log X_{gc} + \theta_3 \log (X_{gi} - X_{gi-1}) + \theta_4 \log X_{horas}$$

Novamente essa equação representa a elasticidade de Y com respeito a mudanças em X, $d\ln Y/d\ln X_k$, e sua representação com as 132 observações disponíveis dos 4 regressores contra a variável dependente, com auxílio do software Eviews 5, assume a forma funcional representada abaixo.

$$\log Y = -1,01 - 0,08 \log X_{ee} + 0,69 \log X_{gc} - 0,02 \log (X_{gi} - X_{gi-2}) + 0,42 \log X_{horas}$$

A tabela a seguir demonstra os valores para o teste de significância estatístico dos coeficientes do modelo de regressão anteriormente descrito, além do R^2 ajustado e da estatística de Durbin Watson como forma de auxiliar na avaliação da modelagem proposta.

Tabela 7 - Modelo de regressão com ativos não integrados

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.010097	0.375051	-2.693224	0.0080
LN_XEE	-0.079452	0.011526	-6.893046	0.0000
LN_XGI-LN_XGI(-2)	-0.024492	0.017431	-1.405098	0.1623
LN_XHORAS	0.424285	0.054270	7.817965	0.0000
LN_XGC	0.688384	0.047220	14.57821	0.0000
DUMMY3	-0.194956	0.070630	-2.760224	0.0066
DUMMY4	-0.668037	0.076170	-8.770343	0.0000
R-squared	0.929086	Mean dependent var	9.666256	
Adjusted R-squared	0.925911	S.D. dependent var	0.257895	
S.E. of regression	0.070197	Akaike info criterion	-2.426641	
Sum squared resid	0.660308	Schwarz criterion	-2.280248	
Log likelihood	178.0782	F-statistic	292.6017	
Durbin-Watson stat	1.824285	Prob(F-statistic)	0.000000	

Fonte: Elaborada pelo autor usando a base de dados da Braskem S.A.

Na análise do modelo 2, a partir dos dados disponíveis na tabela 7, verifica-se a ocorrência de um bom ajustamento, pois seu R^2 ajustado está em torno de 92%. A estatística F sugere que os coeficientes da regressão são conjuntamente significativos ao nível de 5%, além do valor de significância individual dos estimadores apresentarem também a partir do teste t significância estatística a 5% bom ajustamento. A estatística de Durbin Watson também sugere que o modelo em questão não apresenta autocorrelação serial negativa ou positiva nos resíduos da reta de regressão.

Novamente a modelagem sugere, semelhante ao modelo 1, ausência de multicolinearidade perfeita, pois o modelo de regressão foi gerado a partir do Eviews

5, além de que os estimadores parecem não apresentar multicolinearidade alta e imperfeita, uma vez que seus erros padrões mostram-se relativamente baixos, o que contribuiu para que as estatísticas t dos parâmetros da modelagem fossem significativos ao nível de 5%.

O próximo passo para validar essa estimação será a aplicação do teste de Breusch e Godfrey para confirmar a suspeita deixada a partir da análise da estatística d de Durbin Watson de que o modelo 2 não apresenta autocorrelação serial nos resíduos.

Tabela 8 - Teste de Breusch Goodfrey para o modelo 2

F-statistic	1.610564	Probability	0.203676	
Obs*R-squared	3.358787	Probability	0.186487	
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.131826	0.380615	0.346349	0.7296
LN_XEE	-0.002198	0.011818	-0.185998	0.8527
LN_XGI-LN_XGI(-2)	-0.001822	0.017387	-0.104778	0.9167
LN_XHORAS	0.013652	0.054991	0.248261	0.8043
LN_XGC	-0.013686	0.048023	-0.284984	0.7761
DUMMY3	0.001722	0.070698	0.024362	0.9806
DUMMY4	0.008958	0.076572	0.116990	0.9070
RESID(-1)	0.077151	0.089808	0.859064	0.3919
RESID(-2)	0.135168	0.091555	1.476353	0.1422
R-squared	0.023821	Mean dependent var	1.07	
Adjusted R-squared	-0.035341	S.D. dependent var	0.068677	
S.E. of regression	0.069880	Akaike info criterion	-2.422381	
Sum squared resid	0.644579	Schwarz criterion	-2.234163	
Log likelihood	179.7779	F-statistic	0.402641	
Durbin-Watson stat	1.979776	Prob(F-statistic)	0.917408	

Fonte: Elaborada pelo autor usando a base de dados da Braskem S.A.

A saída do Eviews 5 para o teste de autocorrelação serial de Breusch e Godfrey confirma que o modelo de regressão estimado a partir dos insumos produzidos extra firma não apresenta autocorrelação serial nos resíduos, pois o valor da estatística F calculado é inferior ao valor tabelado ao nível de 5% de confiança. Desse modo, não se pode rejeitar a hipótese nula de ausência de autocorrelação serial nos resíduos da reta de regressão.

Por fim, necessita-se verificar o grau de retornos de escala presente nas duas modelagens propostas. Dessa forma, será conduzido um teste de restrição dos coeficientes para cada modelo de acordo com a hipótese nula de existência de retornos constantes de escala, ou seja, $C(1)+C(2)+\dots+C(n)=1$.

A tabela 9 demonstra os resultados para o teste de restrição aplicado aos coeficientes dos modelos de regressão contra a hipótese nula de existência de retornos constantes de escala. No modelo 1, com ativos específicos integrados,

verifica-se que a estatística calculada é superior à tabelada, rejeitando-se assim a hipótese nula. Já no modelo 2, a estatística calculada mostra-se inferior ao valor tabelado, o que de certo modo leva à aceitação de retornos constantes de escala na regressão com ativos não integrados à empresa.

Tabela 9 - Teste de restrição dos coeficientes

Teste de restrição dos coeficientes				
Modelo	Estatística	F calculado	F tabelado	Σ coeficientes
Insumos integrados		1,16	0,28	1,01
Insumos não integrados		0,10	0,75	0,99
Hipótese nula		$C(1)+C(2)+\dots\dots\dots+C(n)=1$		

Fonte: Elaborada pelo autor usando a base de dados da Braskem S.A.

Claro deve estar que os resultados corroboram com o esperado pelo que se aprende da teoria do custo de transação em sua versão consolidada por Williamson (1996). Ativos de emprego mais geral podem ter mecanismos de governança associados ao mercado, talvez por questões de frequência e/ou incerteza comportamental dos agentes, e serem associados a uma estrutura híbrida ou de contratos de longo prazo. Por outro lado, ativos altamente específicos compelem a empresa a fazer com eles um processo de integração vertical.

Essa dissertação confirma esses fundamentos teóricos no sentido de que são os ativos de emprego mais geral menos eficientes a um processo de integração vertical frente àqueles mais específicos. Desse modo, verificou-se nas funções de produção estimadas um melhor ajustamento dos regressores estocásticos na regressão com ativos específicos do que no modelo gerado a partir de ativos de uso generalizado.

CONCLUSÃO

A teoria da firma elaborada por Coase (1937) contribuiu com a emergência de um arcabouço teórico que criou uma alternativa à linha de pesquisa vigente no pensamento econômico neoclássico. Com a existência de pressupostos como oportunismo e racionalidade limitada, criaram mais realismo aos trabalhos aplicados e delimitaram a existência de um novo rumo para o pensamento econômico que vem sendo consolidado ao longo dos anos.

Desse modo, a firma vista por Coase pode ser entendida a partir da teoria dos custos de transação, que foi amplamente aperfeiçoada por Williamson (1996), autor que reconhecidamente abordou aspectos relevantes da estrutura de governança, decifrada por três pilares fundamentais: frequência, incerteza e especificidades de ativos. Estes últimos foram diferenciados em seis tipos: locacional, temporal, humano, físico, dedicado e marca.

Sendo assim, o presente trabalho analisou a estrutura de governança do setor petroquímico a partir da análise da planta industrial de MVC da Braskem S.A., as inter-relações entre seus ativos e como estes se comportam na cadeia produtiva, mais precisamente os impactos da existência de ativos gerais e de uso específico com relação às economias de escala e eficiência produtiva.

A análise comparativa dos dados após modelagem das duas funções de produção Cobb Douglas, para ativos integrados à empresa, função 1, e para ativos não integrados à empresa, função 2, demonstrou que os ativos produzidos intra firma apresentam retornos crescentes de escala de acordo com os resultados alcançados a partir do teste de restrição dos coeficientes apresentado na tabela 9.

Outro aspecto que chama a atenção é que a reta de regressão do modelo 1 apresenta um melhor ajustamento que a reta de regressão do modelo 2, de acordo com o valor do R^2 ajustado para cada regressão, o que corrobora com a hipótese deste trabalho de que os ativos específicos foram integrados à empresa devido à necessidade de se dominar toda a cadeia produtiva e de se reduzir custos operacionais, pois tais ativos causam grande impacto à produção quando estão fora dos padrões exigíveis para o processamento.

Observa-se também que na modelagem 2 o teste de restrição dos coeficientes não rejeitou a hipótese nula de retornos constantes de escala. Tal fato remete à ideia de que, como os insumos não são integrados à empresa, não existem

incentivos para aperfeiçoamento das técnicas produtivas, sendo a ofertante forçada a cumprir apenas a legislação vigente com relação à qualidade de seus produtos.

Nesse quadro, deve ser apenas lembrado que dentre os ativos mais específicos podem ser delimitadas características associadas aos aspectos: locacional, temporal, físico e dedicado, principalmente. Foge, no entanto, ao escopo deste trabalho detalhar tais especificidades.

Por fim, conclui-se que os ativos específicos à produção, por terem um caráter único e dificilmente serem reaproveitados sem perda de valor para finalidades diversas, aparentam ser mais eficientes para o processo produtivo, pois existe a necessidade de a firma ser assertiva na confecção destes, de forma a minimizar seus custos operacionais, aumentando o incremento da produção mais que proporcionalmente ao incremento desses insumos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. S. **Apontamentos de Econometria Aplicada**. G.E.M.F., 2004. Disponível em: <<http://www4.fe.uc.pt/jasa/estudos/econometria.pdf>> Acesso em: 04 jan. 2012.
- AKERLOF, G. A. The Market For “Lemons”: Quality Uncertainty and The Market Mechanism. **The Quarterly Journal of Economics**, Oxford, V.84, p. 488-500, 1970.
- BARBOSA, F. H. **Microeconomia: Teoria, Modelos Econométricos e Aplicações à Economia Brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1985.
- BARTLETT, M. S. On The Theoretical Specification of Sampling Properties of Autocorrelated Times Series. **Journal of the Royal Statistical society**, Série B, vol. 27, 1946, p. 27-40.
- BIERES, Herman J. **Cointegration Analysis**. Pensilvânia State University: Pensilvânia 2006.
- BRANDÃO, L. F. **A Reprodução Social Brasileira em Alagoas**. Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo: São Paulo, 2012.
- CARLTON, D. W.; PERLOFF, J. M. **Modern Industrial Organization**. Adisson-Wesley Longman: New Jersey, third edition (2000).
- COASE, R. H. The Nature of the Firm. **Economica**, New series, London school of economics and political science, vol.4, n°16, p. 386-405, nov. 1937.
- COASE, R. H. The New Institutional Economics. **The American economic review**, Chicago, vol. 88, n°2, 1998.
- GATTI, W. **35 Anos da Criação do PROALCOOL: Do Álcool Motor ao Veículo Flex Full**. Universidade de São Paulo. XIII SEMEAD: São Paulo, 2010.
- MONTENGRO, R. S. **O Setor Petroquímico**. BNDES, 2002. Disponível em: <http://www.bndespar.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial09.pdf> Acesso em: 05 fev. 2012.
- MORVAN, Y. Fondamentsd`economie industrielle. Londres: **Econômica**, 1985. p 199-231.
- GALA, P. A teoria institucional de Douglas North. **Revista de economia política**, vol.23, n°2, p 89-105, Abril/Junho, 2003.
- GREENE, William H. **Econometric Analysis**. Prentice Hall: New Jersey, 2003.
- GUJARATI, Damodar. **Econometria básica**. 4.ed. Campus: Rio de janeiro, 2006.
- HAYASHI. F. **Econometrics**. Princeton University Press: Oxford, 2000.

HEIL, T. DVORSAK, P. GOMES, G. **Indústria petroquímica brasileira: situação atual e perspectivas.** BNDES, 2005. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Complexo_Petroquimico/200503_4.html> Acesso em: 10 fev. 2012.

LUSTOSA, M. C. **O Pólo Cloroquímico de Alagoas.** Ed. Edufal: Maceió, 1997.

LAGES, A. M. G. CAVALCANTI, A. O. Integração Econômica da Agroindústria Canavieira com o Setor Petrolífero-Petroquímico no Brasil. **Revista Pernambucana de Desenvolvimento:** Recife, v.15, dez.1994. p. 59-68.

LACERDA, A. C. BOCCHI, J. I.. REGO, J. M. BORGES, M. A. MARQUES, R. M. **Economia Brasileira.** 2.ed. Saraiva: São Paulo, 2006.

LEITE, L. A. M.O Fator Tecnológico como Mola Propulsora do Desempenho Produtivo da Petrobrás: Uma Avaliação Econométrica. In: **SEGET**, simpósio de excelência em gestão e energia. Resende-RJ, 2007.

NORTH, D. C. **Institution, Institutional Change and Economic Performance.** Cambridge University Press: Cambridge, 1990.

NORTH, D. C. **Understanding The Process Economic Change.** Institute Of Economic Affairs: London, 1999.

PINDYCK, R. S. RUBINFELD, D. L. **Econometric Models and Economic Forecasting.** New York: McGrall-Hill, 1981.

PELAI, F. M. SILVEIRA, J. M. F.J. Análise do Processo de Reorganização Societária dos Grupos que Atuam na Indústria Petroquímica Brasileira. **Anpec**, XXXVI encontro nacional de economia: 2008.

ROCHA, M. **Integração Vertical e Incerteza.** Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

RUTHERFORD, M. **Institutions in Economics, the Old and the New institutionalism.** Cambridge University Press, *Cambridge*, 1994.

QMS. **Eviews - User's Guide.** Irvine, Califórnia : Quantitative Micro Software.

SIMON, H. A. Bounded Rationaliy.In: EATWELL, John; MILGATE, Murray & NEWMAN, Peter (eds.). **Utility and Probability.** (the New PALGRAVE). New York: Macmillan, 1990. p. 15-18.

SOARES, N. S., SILVA, M. L., LIMA, J. E. **A Função de Produção da Industria Brasileira de Celulose em 2004.** Universidade Federal de Viçosa: Minas Gerais, 2007.

TAKAYAMA, A. **Analytical Methods in Economics.** The University of Michigan Press: Michigan, 1993.

TORRES, E. MC. A evolução da indústria petroquímica Brasileira. **Revista Química Nova**, Porto Alegre, v20, p. 49-53,1997.

SOARES, Ilton G. CASTELAR, Ivan. **Econometria aplicada com uso do Eviews**. Ed. Ufc/Caen: Fortaleza, 2003.

SUAREZ, M. A evolução da indústria petroquímica brasileira e o modelo tripartite de empresa. **Revista de economia política**, vol.3, n°3: 1983.

WILLIAMSON, O. E. **The Mechanism of Governance**. New York: Oxford University Press, 1996, 448 p.

WILLIAMSON, O. E. **Market and Hierarchies: analysis and antitrust implications**. Illinois: Free Press, 1975.

WILLIAMSON, O. E. **The economic Institutions of Capitalism**. China: Chengcheng Books, 1985.

WILLIG, R. O. PANZAR, J. C. BAUMOL, W. J. **Contestable Markets and The Theory of Industry Structure**. New York: Harcourt Brace Jovanovich, inc, 1982.

YULE, G. U. Why Do We Sometimes Get Nonsense Correlations Between Times Series? A Study in Sampling and The Nature of Time Series. **Journal of the Royal Statistical Society**. New York: vol. 89, 1926, p. 1-63

GLOSSÁRIO

- **Aromáticos-** Compostos químicos que possuem um conjunto de átomos unidos por ligações covalentes com características específicas.
- **Craqueamento-** Termo originado do Inglês craking. É como se denominam vários processos químicos na indústria pelos quais moléculas orgânicas complexas são quebradas em moléculas mais simples.
- **EDC-** Composto químico organoclorado de nome dicloroetano. Constitui importante insumo na produção do monocloreto de vinila.
- **Eletrólise-** Processo no qual se induz eletricamente uma corrente em um sistema químico a fim de se obter uma reação química convertendo energia elétrica em energia química.
- **Hidrocarbonetos-** Composto químico constituído essencialmente por átomos de carbono e hidrogênio.
- **MVC-** É como é chamado o monocloreto de vinila– composto organoclorado utilizado como insumo para fabricação da resina de PVC.
- **Nafta-** Derivado do petróleo utilizado principalmente como insumo na indústria química e petroquímica.
- **Olefinas-** Hidrocarbonetos alifáticos insaturados que apresentam em suas moléculas uma ligação dupla entre seus átomos de carbono.
- **Pirolise-** Reação de decomposição à alta temperatura, na qual ocorre a ruptura de uma estrutura molecular original de um determinado composto.
- **Polietileno-** Polímero de cadeia linear não ramificada, tido na química como o polímero mais simples.
- **Polipropileno-** É um polímero ou plástico derivado do propeno.
- **PVC-** Resina plástica bastante utilizada na fabricação de tubos e conexões.
- **Solventes-** Substância que permite a dispersão de outra substância em seu meio.
- **Salgema-** Cloreto de sódio acompanhado de cloreto de potássio e magnésio que ocorre em jazidas na superfície terrestre.

ANEXO

TABELA DE DADOS											
periodo	produção	EDC	eteno	AC	V15	nitrogenio	EE	V42	GC	horas op.	
jan/96	9519	13425	2210	34484	6658	330	3311660	3147	1230583	504	
fev/96	15396	13403	3654	42414	5492	294	3568120	3703	1813948	679	
mar/96	17354	14771	4072	34760	4867	307	3902640	4160	1820338	744	
abr/96	10610	9454	2498	30580	6362	337	3300520	2677	1411331	482	
mai/96	17418	13520	4082	41942	6091	389	3791136	3735	2080776	744	
jun/96	16011	13665	3710	45402	10592	226	3646190	3492	2049640	697	
jul/96	17387	14661	4030	41877	2908	204	3875740	3659	2098425	744	
ago/96	17023	14330	3985	37326	6097	159	3735390	3649	2156420	730	
set/96	16919	13411	3964	38119	9793	200	3601580	3707	2098237	720	
out/96	13306	10901	3119	41813	10137	202	3256270	3399	1676809	594	
nov/96	16396	13424	3845	39646	10940	198	3623880	3787	2040682	711	
dez/96	17641	14920	4165	46384	10521	231	3813440	4117	2211581	744	
jan/97	17579	14472	4148	42825	11290	221	3778000	3967	2228458	744	
fev/97	15753	13394	3754	44231	10543	223	3445470	3532	1979814	666	
mar/97	6266	5664	1407	17293	4656	125	1441085	1542	790079	289	
abr/97	16844	13370	3989	37770	3786	311	3690790	3922	2069159	714	
mai/97	17439	14239	4044	37720	3577	246	3858030	3980	2154081	738	
jun/97	17126	13929	4014	34794	4740	274	3690790	3691	2042700	720	
jul/97	14507	12861	3400	30017	2497	146	3333420	3185	1754594	624	
ago/97	17286	13566	4060	40402	5069	206	3735390	3909	2083878	731	
set/97	16894	13859	4003	34030	4577	235	3701930	3781	2002394	720	
out/97	17626	14734	4132	38027	6475	253	3746540	3859	2184459	744	
nov/97	15247	11933	3542	32780	6483	180	3512880	3436	1913052	0	
dez/97	13268	11019	3081	29079	6174	198	3412030	3090	1691102	661	
jan/98	17420	14577	4135	37587	5201	225	3735400	4212	2139156	744	
fev/98	15053	12653	3575	37029	7832	267	3400900	3615	1830871	638	
mar/98	17426	15345	4130	43342	10426	259	3768840	4141	2086095	735	
abr/98	3567	2394	828	8071	2735	52	784810	798	433157	152	
mai/98	13765	13725	3929	33259	6629	302	3234720	3597	1448167	594	
jun/98	17088	12195	4008	37916	4139	311	3646180	3902	2042108	720	
jul/98	17643	15543	4123	37270	5017	221	3825360	4020	2130421	744	
ago/98	16508	15852	3876	32484	8228	309	3735390	3995	2200527	709	
set/98	16939	14689	3997	39947	10547	302	3694040	3861	2064346	730	
out/98	17102	13226	4023	40903	7712	303	3764640	3752	2018633	720	
nov/98	12998	12862	3039	32608	5944	325	3212640	3269	1632691	552	
dez/98	10916	9165	2549	32608	9659	327	3247290	3339	1689167	553	
jan/99	15590	12905	3677	31101	6180	356	3345000	3898	1969582	744	
fev/99	10600	8932	2512	27384	4264	177	2353140	2866	1245600	454	
mar/99	16765	13896	3911	35620	12334	371	3350839	3804	1955471	726	
abr/99	16949	14577	2549	34912	9692	315	3769360	3939	2139640	744	
mai/99	17485	14497	4126	29739	16283	302	3567940	4125	2163913	744	
jun/99	16724	14295	3952	37974	8508	348	4037057	4065	2073168	720	
jul/99	17369	14502	4080	36925	11336	262	3701516	4005	2151332	739	
ago/99	16669	14689	3997	38996	10506	303	3694040	4306	2064278	744	
set/99	16459	13756	3914	35241	13176	323	3676320	3915	2121008	696	
out/99	12426	10547	2979	21069	7622	259	2758500	2658	1548871	532	
nov/99	14638	14549	4129	34634	15244	315	3426040	4111	2089404	744	
dez/99	17373	14745	4085	35252	13889	306	3400320	4043	2091071	735	
jan/00	17533	14723	4104	38117	13330	256	4029600	4112	2127968	744	
fev/00	16523	14100	3887	36556	11479	344	3819840	3950	2016533	696	
mar/00	17549	14577	4136	41367	10974	327	3742960	4212	2129851	744	
abr/00	16930	13974	3987	34531	11508	301	3820584	4170	2086835	720	
mai/00	17024	14094	4011	33045	16728	397	3592877	4354	2198532	736	
jun/00	8733	7599	2078	22760	4966	208	1925600	2336	1094870	375	
jul/00	16624	13398	3649	30643	10336	327	3894920	3702	2064278	744	
ago/00	15509	13398	3649	30643	10336	327	3875040	3870	1944758	744	
set/00	16428	13696	3828	40494	10638	334	3753600	4126	1948142	693	
out/00	14689	14549	4129	34634	15244	315	3694040	4306	2064278	744	
nov/00	15887	13206	3710	42238	11386	299	3742560	3972	1956352	720	
dez/00	14020	12255	3272	39937	11903	293	3532800	3905	1717947	722	
jan/01	17869	14792	4124	39508	9017	312	3532800	4088	2126516	744	
fev/01	13304	11075	3135	36753	6073	316	3472600	3739	1732387	554	
mar/01	17692	14574	4156	38075	9337	287	3207181	4096	2093821	744	
abr/01	17130	14179	4034	38074	9685	258	3841920	4006	2068866	720	
mai/01	17549	14626	4126	38060	9955	326	3974400	4176	2211181	744	
jun/01	16498	13745	3975	37476	10320	316	3746320	4043	2048348	744	
jul/01	14319	12078	3349	38075	11225	271	3378240	3418	1797056	720	
ago/01	12438	10454	2908	25759	11998	266	3278880	4010	1527485	737	
set/01	12211	10192	2866	21916	9066	262	3164440	3666	1624302	693	
out/01	9070	7436	2116	16618	3683	108	1881179	1898	1083052	388	
nov/01	5001	4711	1190	5245	3056	71	1083877	1295	603275	255	
dez/01	14560	11334	3346	15606	8640	290	3499680	3652	1727495	744	
jan/02	13925	13925	3223	29210	10230	313	3127500	3759	1738710	744	
fev/02	14387	11747	3338	28092	6644	345	3190560	3753	1810545	672	
mar/02	15688	12836	3655	33788	9945	239	3554880	4115	1945311	740	
abr/02	14256	11972	3339	30924	10512	320	3411360	3968	1798835	641	
mai/02	16488	14549	4129	34634	15244	315	3694040	4306	2064278	744	
jun/02	16057	13445	3822	29747	9200	319	3613492	3687	1979589	720	
jul/02	7943	6943	1863	23924	11340	441	1664099	2441	1095576	346	
ago/02	16622	13904	3934	32077	9157	319	3562480	3818	2068471	744	
set/02	14385	12030	3337	35090	8326	315	3409590	3156	1739166	621	
out/02	17456	14563	4100	40089	9522	337	3501992	3814	2129592	737	
nov/02	16467	13657	3873	37879	8915	249	3622885	3723	1996215	744	
dez/02	15622	12570	3525	36256	9296	292	3252121	2911	1695777	641	
jan/03	16732	13954	3936	37055	9731	263	3414921	3845	2067945	744	
fev/03	14824	12343	3450	30065	9201	267	3345264	3516	1782569	672	
mar/03	16843	13901	3907	33277	13462	263	3268182	4256	2104608	744	
abr/03	11970	9970	3073	27633	6073	316	3078320	3459	1634301	553	
mai/03	15829	13131	3664	33465	9335	277	3197189	3632	1956797	744	
jun/03	15675	12996	3672	31047	8643	279	3347119	3650	1975222	720	
jul/03	16829	13926	3903	31509	7884	304	3397525	4093	1991514	744	
ago/03	17598	14634	4075	40929	8619	348	3439750	4043	2099243	744	
set/03	17080	14035	3972	30929	8124	249	3218424	4034	2074635	720	
out/03	17584	15013	4077	31275	9230	224	3445665	4387	2203765	744	
nov/03	16502	13745	3975	37476	10320	316	3746320	4043	2174449	740	
dez/03	15244	12513	3551	34888	15978	309	3259401	4256	2067635	744	
jan/04	17663	14312	4102	32216	14392	280	3603935	4439	2340893	744	
fev/04	10519	8545	2428	30903	8341	405	3059771	2940	1466575	456	
mar/04	17324	14241	4129	34634	15244	315	3694040	4306	2064278	744	
abr/04	17149	14177	3963	51216	9541	284	3601380	3810	2067800	720	
mai/04	17481	14262	4033	54541	10615	281	3402683	4063	2160945	744	
jun/04	16408	13283	3790	33363	11664	323	4071118	3793	2054900	720	
jul/04	17821	14319	4132	36299	12283	269	3861113	4025	2175194	744	
ago/04	17760	14484	4101	24572	11166	259	4482505	4330	2258222	744	
set/04	17118	14004	3970	34570	10529	269	3619064	4384	2150922	720	
out/04	16938	13824	3985	32379	10641	268	3578268	4179	2159947	744	
nov/04	16993	13849	4013	35491	11775	324	4389454	4608	2126949	720	
dez/04	7432	7190	1802	28284	13157	420	2705230	2160	1005849	360	
jan/05	17868	14714	4197	37952	10943	338	3853886	3995	2116178	744	
fev/05	15821	12969									