COPPE UFRJ
Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA E ECONOMIA DE BAIXO CARBONO: RELAÇÃO ENTRE DESEMPENHO AMBIENTAL E DESEMPENHO FINANCEIRO NO SETOR MÍNERO METALÚRGICO BRASILEIRO

Pedro Camargo Amaral

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Planejamento Ambiental.

Orientadores: Roberto Schaeffer
Alexandre Salem Szklo

Rio de Janeiro
Março de 2012

RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA E ECONOMIA DE BAIXO CARBONO: RELAÇÃO ENTRE DESEMPENHO AMBIENTAL E DESEMPENHO FINANCEIRO NO SETOR MÍNERO METALÚRGICO BRASILEIRO

Pedro Camargo Amaral

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

_____
Prof. Roberto Schaeffer, PhD

_____
Prof. Alexandre Salem Szklo, D.Sc.

_____
José Gustavo Féres, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
MARÇO DE 2012

Amaral, Pedro Camargo

Responsabilidade Social Corporativa e Economia de Baixo Carbono: Relação Entre Desempenho Ambiental e Desempenho Financeiro no Setor Mínero Metalúrgico Brasileiro / Pedro Camargo Amaral – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

XIII, 141 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Roberto Schaeffer e Alexandre Salem Szklo

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2012.

Referencias Bibliográficas: p. 89-96.

1. Mudanças Climáticas Globais 2. Índices de Sustentabilidade. 3. Desempenho Financeiro. 4. Setor Mínero Metalúrgico. I. Schaeffer, Roberto, *et al*. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

Dedico este trabalho ao meu filhote, Rafael.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores Roberto Schaeffer e Alexandre Szklo pela orientação deste trabalho. Ao professor André Lucena pela importante ajuda na fase final do trabalho. Ao José Féres pela participação da banca e excelente contribuição. Aos meus pais e irmã pelo apoio de sempre. Aos amigos da ICF pela torcida e por fazerem o nosso dia a dia mais divertido. Aos amigos do PPE pelo dia a dia ao longo do mestrado. Agradeço ainda ao Bruno Borba e ao Régis Rathman pelas dicas ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Agradecimento especial ao meu filhote, Rafael, cuja mais pura e espontânea demonstração de carinho e alegria recarrega e potencializa toda a energia que há em mim para seguir em frente.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA E ECONOMIA DE BAIXO CARBONO: RELAÇÃO ENTRE DESEMPENHO AMBIENTAL E DESEMPENHO FINANCEIRO NO SETOR MÍNERO METALÚRGICO BRASILEIRO

Pedro Camargo Amaral

Março/2012

Orientadores: Roberto Schaeffer e Alexandre Salem Szklo

Programa: Planejamento Ambiental

O presente estudo avalia se a estratégia corporativa para gerir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) gera valor para a empresa na percepção do acionista. Buscaram-se evidências acerca do impacto (ou não) no valor das ações em função de atividades de Responsabilidade Social Corporativa (RSC), de forma ampla e com foco em gestão de emissões de GEE. A pesquisa avaliou o setor mínero metalúrgico brasileiro, responsável por 52% das emissões de CO_2 da indústria nacional. Os índices financeiros ISE (Índice de Sustentabilidade Empresarial) e o ICO2 (Índice Carbono Eficiente), criados pela BM&FBOVESPA, foram utilizados como *proxy* para averiguar se a empresa tem uma estratégia climática visível para os acionistas e se está é valorizada. Foi realizada uma análise empírica simplificada, na qual se regrediu o valor do preço da ação de empresas do setor mínero-metalúrgico com base nas variáveis explicativas: preço do minério de ferro, Ibovespa e variáveis *dummies* representando a participação em índices de sustentabilidade. O modelo de heterocedasticidade condicional auto-regressiva (ARCH) foi capaz de, em quase todos os casos, gerar regressões não espúrias. Os resultados indicam a possível existência de correlação entre a participação nos índices de sustentabilidade da BM&FBOVESPA, ISE e ICO2, e o valor das ações das empresas do setor mínero metalúrgico brasileiro. No caso do ISE, os resultados permitem concluir que esta correlação é positiva. Recomenda-se, no entanto, que futuros estudos apliquem testes formais adicionais para validar os modelos empregados.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY AND LOW CARBON ECONOMY: RELATIONSHIP BETWEEN ENVIRONMENTAL PERFORMANCE AND FINANCIAL PERFORMANCE IN THE BRAZILIAN MINING AND METALS SECTOR

Pedro Camargo Amaral

March/2012

Advisors: Roberto Schaeffer and Alexandre Salem Szklo

Department: Environmental Planning

This dissertation analyzes the value creation derived from a corporate strategy to manage greenhouse gases (GHG) emissions, from a shareholder standpoint. It investigates the existence of impact of Corporate Social Responsibility (CSR) activities, broadly and focusing on GHG emissions management, on the companies' share value. The Brazilian mining and metal industry, that accounts for 52% of CO_2 emissions in the domestic industry, was evaluated. The financial indexes ISE (Corporate Sustainability Index) and ICO2 (Carbon Efficient Index), created by the BM&FBOVESPA Exchange, were used as a proxy to determine whether the company has a visible climate strategy for the shareholders. An empirical analysis was performed, in which the value of the share price of companies in the mining and metal industry was regressed based on the explanatory variables: price of iron ore, Ibovespa index and dummy variables representing the participation in the sustainability indexes. The conditional heteroscedasticity autoregressive model (ARCH) was able to, in almost all cases, provide a non spurious regressions. Findings indicates the existence of a correlation between participating in sustainability indexes of the BM&FBOVESPA Exchange, ISE and ICO2, and the value of the shares of metal and mining companies in Brazil. For the ISE index, the results indicate that this correlation is positive. It is recommended, however, that future studies apply additional formal tests to validate the models used.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO 1
2. METODOLOGIA 6
3. REVISÃO DE LITERATURA: RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA, DESEMPENHO FINANCEIRO E ECONOMIA DE BAIXO CARBONO 10
3.1. RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA COMO UMA QUESTÃO ESTRATÉGICA 10
3.2. A RELAÇÃO ENTRE RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA E DESEMPENHO FINANCEIRO 21
3.3. A INCORPORAÇÃO DA VARIÁVEL CARBONO NO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DAS COMPANHIAS 33
3.3.1. ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE NO MERCADO DE AÇÕES 41
3.3.1.1. ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL - ISE 42
3.3.1.2. ÍNDICE CARBONO EFICIENTE – ICO2 49
4. ANÁLISE DE REGRESSÃO 56
5. CONCLUSÕES 82
6. REFERÊNCIAS 89
7. ANEXO I: REVISÃO ACERCA DE REGRESSÃO 97
8. ANEXO II: INFORMAÇÃO ACERCA DOS DESMEMBRAMENTOS E GRUPAMENTOS DAS AÇÕES CONTEMPLADAS NO ESTUDO. 124
9. ANEXO III: TESTES E RESULTADOS DAS REGRESSÕES REALIZADOS COM O MODELO ARCH 126
10. ANEXO IV: DESCRIÇÃO DAS EMPRESAS 140

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Participação percentual das indústrias nas emissões de CO_2 descontando-se as emissões efetivas de origem renovável (base 2007)..... 7

Figura 2-2: Modelo de Análise 9

Figura 3.1-1: Temas abordados no FTSE4Good. 14

Figura 3.1-3: Logomarca do ISE 16

Figura 3.2-1: Dow Jones Sustainability Group Index World (dezembro de 1993 – outubro 2000, USD, Índice de Preço). 25

Figura 3.3-1: Desagregação dos Investidores Signatários do CDP. 36

Figura 3.3-2: Número de signatários e ativos representados no CDP Investor ao longo do tempo.. 36

Figura 3.3-3: Retorno Total % (US$). 37

Figura 3.3.1.2-1: Eficiência em Carbono: Exemplo. 53

Figura 4-1: Variação do valor de mercado das ações das empresas contempladas e do preço do minério de ferro. 57

Figura 4-2: Preço da Ação Ordinária da Vale X Preço do Minério de Ferro. 57

Figura 4-3: Função Exponencial..... 64

Figura 4-4: Função Polinomial. 65

Figura 4-5: Função Logarítmica.. 65

Figura 4-6: Função Potência. 65

Figura 4-7: Séries ajustadas quanto aos desmembramentos, grupamentos e bonificações.. 69

Figura 4-8: Séries de preço histórico da Vale, MMX e Gerdau (ações preferenciais) ajustadas quanto aos desmembramentos, grupamentos e bonificações e Ibovespa..... 70

Figura 4-9: Séries de preço histórico da Vale, MMX e Gerdau (ações preferenciais) ajustadas quanto aos desmembramentos, grupamentos e bonificações e preço do minério de ferro.. 70

Figura 7-1: Regiões de aceitação e de rejeição para H0 102

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.2-1: Abordagem, Região/Setor Analisado e Conclusões de Estudos Anteriores 22

Tabela 3.2-2: Resultados de Estudos Anteriores Quanto à Relação Entre RSC e Desempenho Financeiro 31

Tabela 3.3-1: Retorno total % (US$) do Global 500, CDLI e CPLI 2011 (janeiro de 2005 a maio de 2011) 37

Tabela 3.3-2: Composição do CDLI e CDPI 2011 38

Tabela 3.3.1.1-1: Carteiras do ISE 46

Tabela 3.3.1.1-2: Composição da Carteira do Índice de Sustentabilidade Empresarial em 06/01/2011 47

Tabela 3.3.1.2-1: Composição da Carteira do Índice Carbono Eficiente em 21/12/2011 54

Tabela 4-1: Empresas do setor mínero-metalúrgico que integram o ISE e/ou o ICO2 e sua data de entrada e saída dos índices 56

Tabela 4-2: Resultados do Teste T 59

Tabela 4-3: Resultados do Teste de Durbin-Watson 59

Tabela 4-4: Resultados das Análises de Regressão Linear e teste D-W realizados 59

Tabela 4-5: Resultados do teste T para as ações da VALE 63

Tabela 4-6: Resultados do teste de Durbin-Watson para as ações da VALE 63

Tabela 4-7: Resultados dos Teste para a Análise de Regressão Linear e teste D-W realizados 64

Tabela 4-8: Resultados do teste T para as ações da VALE 66

Tabela 4-9: Resultados do teste de Durbin-Watson para as ações da VALE 66

Tabela 4-10: Resultados das Análises de Regressão Não linear e teste D-W realizados 66

Tabela 4-11: VALE -PNA N1 (VALE5.SA) 68

Tabela 4-12: VALE -ON N1 (VALE3.SA) 68

Tabela 4-13: Teste de Dickey-Fuller para as séries formadas pelos valores das séries originais ajustados para desdobramentos, grupamentos e bonificações 72

Tabela 4-14: Teste de Dickey-Fuller para as séries formadas pela primeira diferença do logaritmo dos valores das séries originais ajustadas para desdobramentos, grupamentos e bonificações 73

Tabela 4-15: Regressões com o preço do minério de ferro, modelo ARCH(1/1), ARIMA(0,0,0) 75

Tabela 4-16: Regressões com o Ibovespa, modelo ARCH(1/1), ARIMA(0,0,0)76

Tabela 4-17: Regressões com o preço do minério de ferro e Ibovespa, modelo ARCH(1/1), ARIMA(0,0,0) 77

Tabela 4-18: Regressões com o Preço do Minério de Ferro, Ibovespa, e Variáveis Dummies para a participação no ISE, ICO2 e período de crise, modelo ARCH(1/1), ARIMA(0,0,0) 79

Tabela 5-1: Sinal e significância dos coeficientes estimadores das variáveis dummies correspondentes à participação no ISE e no ICO2, inseridas de forma aditiva. 83

Tabela 8-1: Regiões de decisão do teste de DW..... 111

SIGLAS

ABRAPP	Associação Brasileira das Entidades Fechadas de Previdência Complementar
ANBIMA	Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais
APIMEC	Associação dos Analistas e Profissionais de Investimento do Mercado de Capitais
ARCH	Autoregressive conditional heteroskedasticity (heterocedasticidade condicional auto-regressiva)
CDLI	Carbon Disclosure Leadership Index
CDP	Carbon Disclosure Project
CERES	Coalition for Environmentally Responsible Economies
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CPLI	Carbon Performance Leadership Index
D-F	Dickey-Fuller
DJGI	Dow Jones Group Index
DJGT	Dow Jones Global Titans Index
DJSGI	Dow Jones Sustainablility Group Index
DJSI	Dow Jones Sustainability Index
DJSSI	Dow Jones Sustainability Stoxx Index
JTOXX	Dow Jones STOXX
DSI	Domini Social Index
GARCH	Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity (heterocedasticidade condicional auto-regressiva generalizada)
GEE	Gases de efeito estufa
IBGC	Instituto Brasileiro de Governança Corporativa
Ibovespa	Índice Bovespa
IBrX	Índice Brasil
IBrX-50	Índice Brasil 50
ICO2	Índice Carbono Eficiente
IFC	International Finance Corporation
IGC	Índice de Ações com Governança Corporativa Diferenciada
ISE	Índice de Sustentabilidade Empresarial

ISR	Investimentos socialmente responsáveis
ONU	Organização das Nações Unidas
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RSC	Responsabilidade social corporativa
SCI	Surrogate Complementary Index
SMS	Saúde, meio ambiente e segurança
TBL	Triple bottom line

1. Introdução

Cada vez mais investidores têm diversificado seus portfólios, investindo em companhias comprometidas com o conceito de Responsabilidade Social Corporativa (RSC) devido à promessa de criação de valor de longo prazo ao acionista (KNOEPFEL, 2001). Isto é consequência da percepção que tais companhias possam, de melhor forma, contemplar oportunidades e gerir riscos advindos do novo ambiente de negócios que busca considerar o desenvolvimento econômico, social e ambiental, ao passo que focam em desafios futuros (KNOEPFEL, 2001).

Temas associados à RSC, cujo conceito foi concebido no início de 1970 (TEPPER & MARLIN, 2003, apud CHAKAROVA & KARLSSON, 2007) têm ganhado importância na tomada de decisão das companhias, mesmo com o adágio da maximização do lucro, que caracteriza o mundo corporativo (COCHRAN, 2007, apud CHAKAROVA & KARLSSON, 2007). Nota-se também que *stakeholders* (partes interessadas[1]) têm solicitado às companhias agir de forma socialmente responsável com o meio ambiente, sendo demandas por, *inter alia*, redução da poluição além do exigido por lei (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011).

Apesar da crescente importância da RSC, o nascimento, crescimento e maturação de programas ambientais das últimas três décadas foram motivados fundamentalmente por regulamentações (SOYKA & FELDMAN , 1998). Ressalta-se que há ainda a percepção de alguns executivos de que gastos além daqueles para o cumprimento de regulamentações sejam improdutivos (SOYKA & FELDMAN , 1998). Mesmo assim, de acordo com Soyka & Feldman (1998), ao longo do tempo a responsabilidade com o meio ambiente e com a segurança do trabalhador tem sido de forma crescente aceita como um objetivo explícito das companhias, de forma que, cada vez mais, se espera que praticamente toda corporação líder atue de forma "responsável".

Essa preocupação estende-se ao maior controle de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Isso é consequência, entre outros fatores, da publicação de trabalhos científicos que indicam de forma inequívoca as atividades antrópicas como a principal

[1] Por exemplo, clientes, fornecedores, funcionários, governo, comunidades locais e ONGs.

causa da intensificação do efeito estufa e da mudança do clima - notadamente em decorrência do uso de combustíveis fósseis e da mudança no uso da terra - assim como dos potenciais impactos com resultado líquido negativo ao meio ambiente e às próprias atividades humanas (IPCC, 2007). Adicionalmente à governança pública sobre o tema mudança do clima (por exemplo, o estabelecimento de leis e regulamentações para controlar emissões de GEE), uma série de iniciativas voluntárias tem sido implantada no âmbito da governança privada, além do que é exigido legalmente das empresas (CDP, 2011). O monitoramento voluntário de emissões de GEE, a busca por medidas de mitigação e a instituição de ações benéficas ao clima (por exemplo, o engajamento de fornecedores, compensação de emissões) estão no bojo dessa questão (CNI, 2011). A incorporação de critérios relacionados ao clima em índices financeiros de RSC existentes, assim como a criação de índices específicos à gestão de emissões GEE, também devem ser ressaltadas.

Empresas de diferentes setores passaram a incorporar o processo de gestão de emissões de GEE, iniciando uma *gestão estratégica de carbono* (CNI, 2011), ao passo que investidores têm formado coalizões que buscam avaliar o *risco carbono*[2] de seus investimentos (CERES, 2011) e solicitam a divulgação, por parte de empresas, de informações referentes à sua gestão de GEE (por exemplo, o *Carbon Disclosure Project*). Em linha com indicadores empregados internacionalmente, como a família de Indicadores *Dow Jones Sustainability Indexes* (lançado em 2009 na bolsa de valores Nova Iorque (BM&FBOVESPA, 2012)) ou o *FTSE4Good* (lançado em 2001 na bolsa de valores Londres (FTSE, 2012)), a BM&FBOVESPA criou o Índice de Sustentabilidade Empresarial (em 2005 (BM&FBOVESPA, 2012)) e, mais recentemente, o Índice Carbono Eficiente (em 2010 (BM&FBOVESPA, 2012)), que buscam compor uma carteira teórica de ações considerando aspectos associados à sustentabilidade, sendo no segundo caso aspectos exclusivamente associados à questão climática (BM&FBOVESPA, 2012).

Entende-se que uma companhia incluída em um índice de sustentabilidade se torna membro de um grupo exclusivo baseado em qualidade superior (LAMOREAUX,

---

[2] Riscos associados à mudança do clima (por exemplo riscos físicos, regulatórios ou reputacionais).

1987 apud CONSOLANDI, et al., 2009). Pode-se interpretar que a inclusão em um índice dessa natureza melhora a avaliação da companhia, sendo uma espécie de certificação de excelência de RSC alcançada, ao passo que sua exclusão do índice impactaria de forma negativa devido à perda do status com relação à excelência em RSC (CONSOLANDI et al., 2009).

Não há, no entanto, consenso em relação à associação direta entre RSC e o desempenho financeiro das companhias, a despeito do aumento de interesse e demanda para que empresas se comportem de forma socialmente responsáveis nos últimos anos (CHAKAROVA & KARLSSON, 2007).

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo investigar se a estratégia corporativa para gerir as emissões de gases de efeito estufa e buscar excelência em RSC de forma mais ampla gera valor para a empresa na percepção do acionista. Por meio de uma análise empírica, objetiva-se examinar e analisar o impacto de RSC no mercado de ações, buscando evidências acerca do impacto (ou não) no valor das ações em função de atividades de RSC.

Este estudo avalia exclusivamente o setor minero metalúrgico brasileiro. Os índices financeiros ISE (Índice de Sustentabilidade Empresarial) e o ICO2 (Índice Carbono Eficiente) serão utilizados como *proxy*[3] para averiguar se a empresa tem uma estratégia climática visível para os acionistas e se está é valorizada[4]. Dessa forma, a reputação das empresas mínero-metalúrgicas será avaliada por meio da participação nos índices em questão. A pergunta de investigação que se pretende responder é a seguinte:

---

[3] *Variável utilizada para substituir outra de difícil mensuração e que se presume guardar com ela relação de pertinência* (Fonte: http://www.ibapepb.org.br/index.php?id=includes/glossario. Acesso em 09/01/2011)

[4] Ressalta-se que o ICO2 é um índice financeiro cujo objetivo e formar uma carteira teórica que beneficie empresas mais eficientes em termos de emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao passo que o ISE considera outros critérios na ponderação e classificação das empresas no quesito sustentabilidade. Os questionários anteriores para a composição do ISE contemplavam o tema mudanças climáticas dentro da esfera ambiental, mas nos últimos estas questões foram destacadas para a criação de uma seção exclusiva a respeito do tema 'mudanças climáticas', com peso igual à esefera ambiental e às outras esferas contempladas, o que demonstra o crescimento da importância do tema na avaliação de RSC das companhias (BM&FBOVESPA, 2011).

Há impacto de atividades RSC, de forma ampla e com foco sobre mudanças climáticas, no valor de mercado das ações de companhias de capital aberto?

Para a análise estatística, inicialmente será apresentada a análise de regressão simples considerando o preço do minério de ferro com o intuito de identificar o grau de correlação entre o valor de mercado das empresas e o preço desta *commodity*. Na sequência será apresentada a análise de regressão múltipla, com a inserção de duas variáveis *dummies,* considerando o período em que a empresa não integrou o ISE e / ou ICO2, assim como o período em que participou do(s) índice(s).

Metodologia semelhante foi aplicada em estudo desenvolvido por Borba, Rathmann, Szklo e Schaeffer (2010) para empresas de petróleo e gás, considerando sua participação no *Dow Jones Sustainability Index* (DJSI). Desta forma, o presente trabalho busca expandir para o setor mínero-metalúrgico pesquisas já realizadas para o setor de petróleo e gás.

Ressalta-se que o presente estudo contempla uma análise simplificada, pois se está analisando o valor do preço da ação de empresas do setor mínero-metalúrgico com base apenas em duas variáveis explicativas: *preço do minério de ferro* e *participação em índice de sustentabilidade.* Outras variáveis relevantes, como *práticas gerenciais*, *concentração de mercado*, *localização física das reservas de minério*, *verticalização ou não da empresa* ou *logística* não estão sendo consideradas, de forma que modelo de análise notadamente apresenta a questão de variáveis omitidas, o que vem a ser uma limitação do presente estudo.

O trabalho poderá contribuir para a explicitação de um relevante *driver* (i.e. motivador) se o resultado encontrado indicar uma relação de causalidade. Portanto, em conjunto com outros *drivers*, essa indicação poderá propiciar uma mudança na tomada de decisão dos investidores para investimentos com maior rentabilidade dentro da nova economia de baixo carbono, sendo um indutor de uma efetiva mudança nas atitudes e valorização da empresas, com possíveis resultados ambientais.

O estudo busca, também, contribuir para a discussão acerca da relação entre desempenho ambiental e desempenho econômico das empresas, agregando à questão a componente mudança do clima. De acordo com a revisão de literatura concernente à

questão no Brasil, especificamente, realizada no presente estudo (MACHADO & MACHADO, 2008; MACHADO, MACHADO & CORRAR, 2008; RESENDE, NUNES & PORTELA, 2008; CAVALCANTI, BRUNI & COSTA, 2009; BEATO, SOUZA & PARISOTTO, 2009; BORBA, 2005; CERETTA, BARBA, CASARIN,KRUEL & MILANI, 2009; COSTA & BOENTE, 2011; LUZ, 2009; SILVA, ROCHA, WIENHAGE & RAUSCH, 2009; FIGUEIREDO, ABREU & LAS CASAS, 2009; MENCARINI & AMATO NETO, 2008; WAJNBERG & LEMME, 2009; GALLON & ENSSLIN, 2007), a abordagem proposta é inédita tanto para o ISE como para o ICO2.

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro esta introdução, que contempla a contextualização do tema em voga. O capítulo dois apresenta a metodologia empregada no trabalho. A revisão de literatura é realizada no capítulo três, que contempla a relação entre desempenho ambiental e desempenho financeiro das companhias, a inserção da questão climática no planejamento estratégico das empresas, assim como os índices financeiros que serão considerados nesse estudo. O capítulo quatro apresenta os resultados, bem como considerações acerca dos testes realizados para a análise de regressão. O capítulo cinco consolida e discute os principais resultados da análise realizada, e apresenta as principais conclusões do estudo.

2. Metodologia

O presente trabalho é fundamentado na revisão de literatura relacionada aos impactos das estratégias corporativas no valor das companhias e em uma análise empírica que busca testar a hipótese de se há relação estatisticamente relevante entre desempenho ambiental e desempenho financeiro. Dentro da estratégia corporativa, o foco é a crescente importância do tema mudanças climáticas. É realizada uma análise de regressão para testar a hipótese do estudo, i.e., *se a participação nos índices de sustentabilidade ISE e ICO2 é estatisticamente relevante para o valor da ação das empresas mínero metalúrgicas brasileiras*.

A análise de regressão realizada nesse trabalho avalia a dependência da variável *valor da ação da empresa* (comercializada na BM&FBOVESPA) às variáveis explicativas X (i.e. o valor da commodity principal afetando a empresa, seja ela insumo ou produto), D_{ICO2} (i.e. variável *dummy* referente à participação no ICO_2) e D_{ISE} (i.e. variável *dummy* referente à participação no ISE) com o objetivo de estimar o comportamento médio do primeiro considerando valores assumidos/ sabidos das variáveis explicativas, conforme apresentado na Equação 2-1.

Equação 2-1*:* $Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + \beta_3 D_{ISE} + \beta_4 D_{ICO2} + u$

Onde:

Y_t:	Valor da ação no instante t.
$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$:	Constantes.
X_t:	Preço do minério de ferro no instante t.
D_{ISE}:	Variável *dummy* referente à participação no ISE.
D_{ICO2}:	Variável *dummy* referente à participação no ICO2.
u:	Erro.

As variáveis *dummies* serão testadas quanto ao seu possível impacto em relação ao patamar de preço das ações, i.e. de forma aditiva, conforme apresentado na Equação 2-1.O setor mínero metalúrgico foi escolhido para a análise, em função de sua importância com relação às emissões de GEE da indústria nacional. De acordo com Henriques Jr. (2010), o setor é responsável por 52% das emissões de CO_2 da indústria do Brasil, conforme ilustra a Figura 2-1.

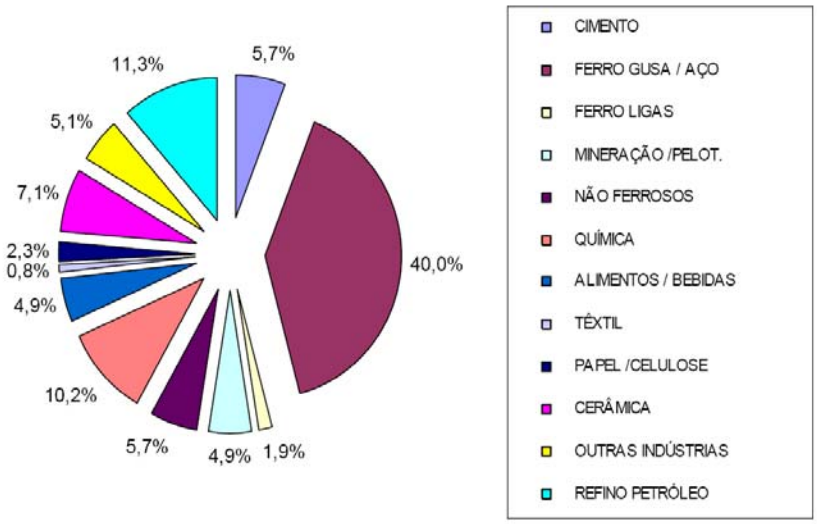


Figura 2-1: Participação percentual das indústrias nas emissões de CO_2 descontando-se as emissões efetivas de origem renovável (base 2007). Fonte: Henriques Jr. (2010)

Buscou-se delimitar o universo de avaliação a um setor no qual seria possível assumir que uma única *commodity* seria o principal fator influenciando o valor da empresa. Neste caso, assumiu-se que o preço do minério de ferro no mercado internacional seria o principal fator afetando o valor das empresas do setor mínero metalúrgico nacional. A hipótese implícita é que o preço da commodity seria ortogonal ao desempenho do mercado de ações, considerando as empresas do setor analisado.

O estudo parte, portanto, da premissa de que há uma forte associação entre o valor de mercado das empresas do setor minero metalúrgico e o preço da commodity minério de ferro. É realizada uma regressão simples do desempenho de ações na BM&FBOVESPA ao longo de determinado período em relação ao insumo/ produto de referência, para confirmar se a premissa se fundamenta. O passo seguinte consiste em verificar se as variáveis *dummies,* representando a participação dos índices ISE e ICO2, são estatisticamente relevantes ao valor da ação. No caso de o resultado indicar uma correlação positiva, pode-se inferir que a inclusão nos índices agrega valor às empresas.

A metodologia da análise empírica do presente estudo é composta por seis etapas, descritas a seguir.

1- Regressão simples do desempenho da ação da empresa em relação ao preço da *commodity* que é seu insumo (no caso das empresas do setor metalúrgico) ou produto (no caso das empresas do setor de mineração) principal (variável explicativa relacionada ao insumo ou produto que mais impacta tal empresa, i.e. preço do minério de ferro);
2- Inserção da variável *dummy*[5] no modelo de regressão para avaliar se é estatisticamente relevante participar do índice de sustentabilidade em questão (i.e. ISE ou ICO2);
3- Estimação da função de regressão. Por meio do método dos mínimos quadrados objetiva-se descobrir a melhor equação que representaria a relação entre as variáveis dependentes e explicativas, assim como determinar o grau de relação entre essas variáveis, por meio do coeficiente de correlação e do coeficiente de determinação;
4- Avaliação se os coeficientes dos estimadores têm significado estatístico, por meio do teste de hipótese dado um intervalo de confiança, considerando a curva de distribuição t-student com n-2 graus de liberdade;
5- Avaliação dos resultados:
    a. Se a hipótese nula for verdadeira: indicação de que não há evidências amostrais de que o coeficiente individual D_X (i.e. a variável *dummy*) é estatisticamente significativo para a análise;
    b. Se a hipótese nula for rejeitada, ou seja, o valor do teste t for maior do que o t crítico, de forma que t é a relação entre o parâmetro obtido e o erro padrão do parâmetro, indicação de que há uma relação estatisticamente significante entre a participação nos índices e o valor da ação;
    c. Teste de Durbin-Watson, para avaliar se há presença de auto-correlação e, dessa forma, se a regressão é espúria;
6- No caso de a regressão mostrar-se espúria, testes com outros modelos.

---

[5] Variável *dummy*: variáveis binárias que podem ter o valor de 0 ou 1, conforme assumem a ausência ou presencia de uma determinada característica. Tem como função incorporar ao modelo de regressão características qualitativas para que possam ser avaliadas do ponto de vista estatístico - por meio do teste de hipótese.

As empresas que compõem a amostra para este estudo foram selecionadas de acordo com os seguintes critérios, os quais deveriam ser todos atendidos:

- Integram ou integraram em algum momento o ISE e/ou o ICO2, tendo em vista que esses índices financeiros são compostos considerando critérios associados às emissões de GEE e a sua gestão;
- Ações comercializadas na BM&FBOVESPA, dado que o ISE e o ICO2 são compostos por ações comercializadas nessa bolsa de valores;
- Setor mínero-metalúrgico, cuja importância em termos de emissões de GEE foi destacada nesse capítulo.

O resultado dessa análise permitirá tecer considerações a respeito da possível influência que a participação dos índices ISE e ICO2 teria sobre o valor da ação das empresas, colaborando para a compreensão da influência de questões de sustentabilidade e, mais especificamente, gestão de gases de efeito estufa, em atitudes pró-sustentabilidade/ pró-clima por parte das empresas dentro de sua estratégia de RSC.

A Figura 2-2 ilustra o modelo de análise empregado no estudo.

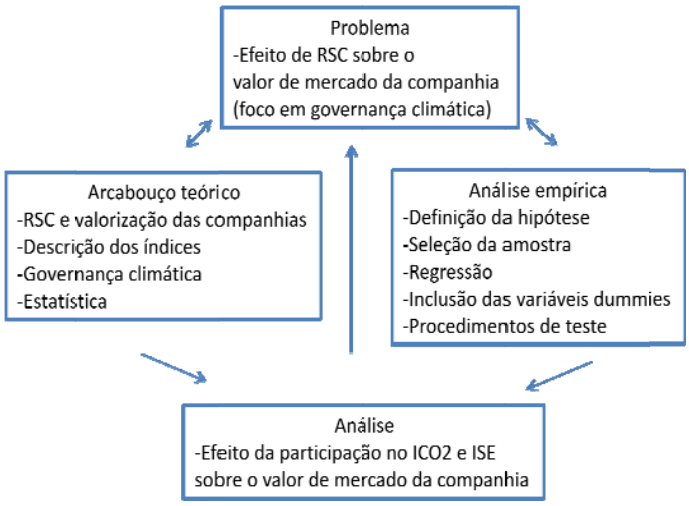


Figura 2-2: modelo de análise. Fonte: elaboração própria com base em Chakarova & Karlsson (2007) e Machado & Machado (2008)

3. Revisão de Literatura: Responsabilidade Social Corporativa, Desempenho Financeiro e Economia de Baixo Carbono

3.1. Responsabilidade Social Corporativa Como Uma Questão Estratégica

A adoção de práticas de responsabilidade socioambiental e governança corporativa (práticas de Responsabilidade Social Corporativa - RSC) estimularam o surgimento de Investimentos Socialmente Responsáveis (ISR), que consideram as consequências ambientais e sociais dentro do contexto de uma análise financeira (MACHADO & MACHADO 2008).

Segundo a Comissão Europeia, RSC é definida como "um conceito pelo qual companhias integram preocupações sociais e ambientais em suas operações e interações com as partes interessadas de forma voluntária" (Comissão Europeia, 2007, apud CHAKAROVA & KARLSSON, 2007).

Investidores institucionais estão cada vez mais sujeitos a demandas mais fortes por ISR (GES Investment Services, 2007, apud CHAKAROVA & KARLSSON, 2007). Os princípios de do UN Global Compact[6] aparecem com frequência no contexto de critérios de investimentos (UN Global Compact, 2007, apud CHAKAROVA & KARLSSON, 2007). A Organização das Nações Unidas (ONU) lançou em 2006 os Princípios para Investimentos Responsáveis[7], um arcabouço indicando como *players* do mercado financeiro devem proceder de forma ativa como meio de liderar empresas para uma conduta responsável (CHAKAROVA & KARLSSON, 2007). De acordo com Chakarova & Karlsson (2007) o *Carbon Disclosure Project* demonstra uma crescente pressão ambiental sobre o mundo financeiro, no qual há cada vez mais o interesse em questões associadas à gestão de GEE.

---

[6] O *United Nations Global Compact* é uma iniciativa estratégica de políticas para empresas comprometidas a alinhar suas operações e estratégias com dez princípios universalmente aceitos nas áreas de direitos humanos, trabalho, meio ambiente e anticorrupção (tradução livre do autor, disponível em http://www.unglobalcompact.org/. Acesso em 15/12/2011.

[7] Mais informações em http://www.unpri.org/.

Knoepfel (2001) menciona que tem havido um crescente interesse por parte da comunidade financeira na área de sustentabilidade e investimentos éticos. De forma geral, investidores institucionais, como fundos de pensão, têm iniciado uma mudança para adotar políticas ambientais e sociais de investimento (KNOEPFEL, 2001).

Nos anos recentes, mais empresas têm se auto-declarado socialmente responsáveis, optando por esquemas de RSC, se auto-rotulando com o termo RSC e publicando relatórios de RSC junto aos seus relatórios anuais (CURRAN & MORAN, 2007).

A sustentabilidade corporativa também tem sido crescentemente utilizada como *Proxy* por investidores para identificar companhias com gestão disciplinada e esclarecida, um dos fatores mais importantes considerados por investidores quando compram ações, segundo Knoepfel (2001)[8]. Segundo o mesmo autor, os líderes em sustentabilidade corporativa alcançam seus objetivos de negócio unindo à sua estratégia e gestão questões de RSC para usufruírem do potencial por produtos sustentáveis no mercado, ao passo que reduzem e evitam custos e riscos atrelados à sustentabilidade[9].

Riscos e oportunidades associados à sustentabilidade estão diretamente ligados aos compromissos das companhias com cinco princípios-chave de desempenho em sustentabilidade corporativa (KNOEPFEL, 2001):

- Inovação: investir em inovação de produtos e serviços leva ao uso mais eficaz e eficiente de recursos financeiros, naturais e sociais no longo prazo.
- Governança: Definir altos padrões de governança corporativa, incluindo qualidade e responsabilidade na gestão, capacidade organizacional e cultura corporativa.

---

[8] Ressalta-se que dita gestão disciplinada poderia constituir uma dificuldade a mais na identificação do efeito isolado da participação em índices de sustentabilidade.

[9] Deve-se notar que empresas poderiam capitalizar suas ações de RSC no mercado por meio da diferenciação de produtos, mas isso seria válido para produtos diferenciáveis o que exclui *commodities*. Dessa forma, a lógica não se aplicaria às grandes empresas produtoras de commodities como, por exemplo, empresas de mineração.

- Acionistas: Alcançar as demandas dos acionistas por retornos financeiros sólidos, crescimento econômico em longo prazo, aumento da produtividade em longo prazo, competitividade internacional e contribuição ao capital intelectual.
- Liderança: Liderar a indústria rumo à sustentabilidade por meio da definição de padrões para melhores práticas e manutenção de desempenho superior.
- Sociedade: Encorajar o bem estar social duradouro em comunidades locais e globais, interagindo com diferentes *stakeholders* (por exemplo, clientes, fornecedores, funcionários, governo, comunidades locais e ONGs) e respondendo às suas necessidades específicas garantindo uma "licença de operação" de longo prazo e lealdade superior por parte de consumidores e funcionários.

Segundo Konar & Cohen (2001) diversas são as razões para companhias buscarem reduzir sua poluição além dos limites legais, dentre elas redução de custos pelo menor uso de matéria prima, redução de custos pelo menor tratamento de água, menor escrutínio regulatório, menor pressão pública, maior valor de produto e competitividade da empresa devido à demanda por "produtos mais verdes".

O compromisso permanente com a integridade do meio ambiente e princípios de responsabilidade social, i.e. adesão de empresas ao desenvolvimento sustentável, fez com que instituições financeiras implementassem mudanças institucionais, como indicadores, classificações (*ratings*) e fundos de investimento socialmente responsáveis (REZENDE, NUNES & PORTELA, 2008). A incorporação de riscos sociais e ambientais no mercado de capitais e créditos ocorre a partir de então (REZENDE, NUNES, & PORTELA, 2008). Atualmente há uma série de incentivos para a divulgação de ações relacionadas à sustentabilidade social e ambientais, como prêmios e selos concedidos pelos Estados e órgãos não governamentais (MACHADO, MACHADO, & CORRAR, 2008).

Diversos atores, como clientes, empregadores, fornecedores, comunidade, governos e alguns acionistas, têm encorajado as empresas a investir em RSC nos últimos anos, de forma que algumas empresas respondem com investimentos nessas atividades, enquanto outras resistem argumentando que estes seriam inconsistentes com os esforços de maximização dos lucros dos acionistas (REZENDE NUNES, &

PORTELA, 2008). O aumento da pressão para que companhias se comportem de forma socialmente responsável acarreta em substancial gasto de tempo e recursos para satisfazer as demandas das partes interessadas, segundo Chakarova & Karlsson (2007). As empresas estão inclinadas e acreditar que seus esforços são recompensados, em ultima instância, elevando seu valor (CHAKAROVA, & KARLSSON, 2007).

Não é claro, entretanto, como a companhia vai se beneficiar de atividades socialmente responsáveis. Diversos autores abordam a questão por meio de teorias e metodologias diferentes. Segundo Machado & Corrar (2008), a questão pode ser abordada por meio dos enfoques dos *stockholders* e dos *stakeholders*, sob os quais uma empresa pode ser vista.

De acordo com a visão dos *stockholders* (sócios e acionistas) "os gestores têm a atribuição formal de incrementar o retorno dos acionistas ou cotistas da empresa. Para atingir tais objetivos, os gestores deveriam atuar somente de acordo com as forças impessoais do mercado, que demandam eficiência e lucro" (MACHADO FILHO & ZYLBERSZTAJN, 2004, apud MACHADO, MACHADO & CORRAR, 2008). Essa teoria preconiza que se deve objetivar o incremento do lucro para que se aumente o valor da empresa, de forma que os recursos devam ser utilizados para melhorar e eficiência da empresa (MACHADO, MACHADO & CORRAR, 2008). Dita teoria apresenta uma relação negativa entre responsabilidade social e desempenho financeiro, argumentando que investimentos associados à responsabilidade social aumentam custos e colocam as empresas em desvantagem econômica (MCGUIRE; SUNDGREN; SCHNEEWEIS, 1988 apud MACHADO, MACHADO & CORRAR, 2008).

A teoria dos *stakeholders* (partes interessadas) sugere que a maior parte das decisões das corporações envolve uma troca entre o que se entrega ao acionista e benefícios a outros *stakeholders* (FREEMAN, 1984 apud CURRAN & MORAN, 2007). Dita teoria levou alguns pesquisadores a inferir que para companhias com ações publicamente comercializadas o impacto de decisões gerenciais positivas e negativas pode ser estimado pelo exame do efeito no preço de sua ação (CURRAN & MORAN, 2007).

A crescente demanda de *stakeholders* pela publicação de informações concernentes ao desempenho ambiental levou ao desenvolvimento de índices para o

ranqueamento de companhias neste quesito, sendo no Reino Unido o mais conhecido o FTSE4Good (CURRAN & MORAN, 2007). O FTSE4Good é um índice financeiro que busca agregar companhias que demonstram alto desempenho ambiental, social e de governança, de acordo com os critérios estabelecidos pelo índice. A Figura 3.1-1 apresenta os temas abordados na avaliação e seleção da carteira que compõe o índice.

Figura 3.1-1: Temas abordados no FTSE4Good. Fonte: FTSE (2011), tradução livre do autor.

Conforme apresenta a Figura 3.1-1, o índice FTSE4Good busca compor uma carteira de ações considerando distintos aspectos das organizações. Considera, por exemplo, questões atreladas à cadeia de suprimentos e não diretamente controladas pela companhia, como os padrões de trabalho de fornecedores. No âmbito ambiental, há ênfase em questões associadas à mudança do clima.

A teoria dos *stakeholders* preconiza que a alocação de recursos organizacionais e considerações acerca de seu impacto devam considerar todos os interessados dentro e fora da organização, em contraposição à teoria dos *stockholders*, voltada exclusivamente para interesses de sócios e acionistas (MACHADO, MACHADO & CORRAR, 2008). Desta forma, a empresa não teria um único objetivo, maximizar a

riqueza dos acionistas, mas múltiplos objetivos que contemplariam o atendimento a todos os envolvidos, considerando os *stakeholders* (MACHADO, MACHADO, & CORRAR, 2008).

Diversos autores têm trabalhado na questão de que há uma demanda por RSC e que sua formulação pode atingir e possivelmente sustentar uma vantagem competitiva (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011). Alguns autores têm visto a questão como uma provisão privada de bens públicos locais (por exemplo, o desenvolvimento comunitário) ou redução de malefícios públicos (por exemplo, a poluição) (BAGNOLI & WATTS, 2003; BESLEY & GHATAK, 2007; KOTCHEN, 2006 apud MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011).

O uso de RSC para se capturar valor para a empresa foi pela primeira vez referido como RSC estratégica por Baron (2001) apud Mcwilliams & Siegel, (2011). O autor afirmou que RSC estratégica "é a motivação para ações que identificam ações responsáveis socialmente, em oposição às privadas". Assim, se a motivação fosse servir à sociedade (ao custo de parte dos lucros), a ação seria socialmente responsável, mas se a motivação fosse servir o *bottom line* (i.e. geração de lucros), a ação seria então privadamente responsável (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011). Entretanto, tendo em vista o interesse na criação de valor por meio de ações 'responsáveis', o autor define RSC estratégica como qualquer atividade 'responsável' que permita a empresa obter uma vantagem competitiva sustentável, não importando a motivação (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011).

Há uma dificuldade em se medir o valor de RSC pela sociedade e, ao mesmo tempo, consumidores entendem ser difícil determinar se as operações de uma empresa concordam com padrões morais e políticos para responsabilidade social (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011). Relatórios anuais de sustentabilidade podem ser vistos como forma de propaganda, alguns consumidores podem notá-los como tendenciosos já que são 'filtrados' pela alta direção da empresa (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011).

Medidas foram desenvolvidas para avaliar a valorização das ações de empresas que investem em responsabilidades social e ambiental, de forma que em 1999 foi criado nos EUA o Dow Jones Sustainability Index (DJSI – Índice de Sustentabilidade Dow

Jones), primeiro índice a avaliar o desempenho financeiro das empresas líderes em sustentabilidade (MACHADO, MACHADO & CORRAR, 2008).

Em 2005 a BM&FBOVESPA (então somente Bovespa) lançou Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE), indicador composto de ações emitidas por empresas com alto grau de comprometimento com sustentabilidade e responsabilidade ambiental e social, de acordo com os critérios do índice (BM&FBOVESPA, 2011). A Figura 3.1-2 apresenta a logomarca do ISE.

Figura 3.1-2: Logomarca do ISE. Fonte: ISE, 2011

A avaliação dos motivadores e resultados da RSC é tarefa difícil. Gestores responsáveis por sua implementação nem sempre são favoráveis a revelar os motivos práticos para se engajarem em atividades desta natureza. A percepção de que partes interessadas (*stakeholders*) notam ações de RSC por parte de companhias de forma mais favorável quando esta é dissociada de questões *bottom line* (lucros), colabora para que os gestores fiquem menos propensos a revelar seus reais motivos. (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011).

O valor gerado pelas iniciativas de RSC é de difícil quantificação, pois elas criam bens sociais (por exemplo, o ar mais limpo) que estão disponíveis a todos e não somente aos clientes ou consumidores da empresa responsável por tais ações. Não há um mercado propriamente dito para estes bens e, portanto, não há um preço observável (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011). Isto pode ser observado como uma externalidade positiva das iniciativas das empresas ao passo que a ausência de preço observável pode ser vista como uma falha de mercado. Por outro lado, em uma economia de mercado o valor de um produto para o consumidor deve ser refletido em seu preço, mas é normalmente difícil determinar o valor de uma característica específica em um produto com múltiplos atributos (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011).

Uma das formas de a companhia capturar o valor de ditas ações seria por meio de sua reputação que, se boa, poderia permitir à companhia cobrar preços mais altos por

seus produtos (FOMBRUN & SHANLEY, 1990 apud MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011), aumentar seu acesso ao mercado de capitais (KLEIN & LEFFLER, 1981 apud MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011) e atrair investidores (BEATTY & RITTER, 1986 apud MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011).

Segundo Fombrun & Shanley (1990) apud Mcwilliams & Siegel (2011) quanto maior a contribuição da companhia para o bem estar comum, melhor é sua reputação. A melhora na reputação seria notada especialmente para os primeiros que adotarem as estratégias de RSC, porque os que as adotarem depois podem ser percebidos como meros imitadores ou menos 'sinceros' resultando em menor incremento da reputação da companhia (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011).

Uma reputação elevada pode ser um recurso estratégico por propiciar uma precificação *Premium* ou lealdade dos consumidores, o que pode incrementar as receitas da companhia (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011). Ao mesmo tempo, pode reduzir custos com recursos humanos e capital (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011).

Observando a questão por meio da abordagem do risco, menciona-se que o perfil de risco de uma empresa pode ser dividido em risco sistêmico e risco específico, ou risco intrínseco à empresa (SOYKA & FELDMAN, 1998). De acordo com Soyka & Feldman (1998), investidores exigem um retorno ao aceitarem o risco sistêmico (e somente o sistêmico), porque o risco específico a uma empresa pode ser diversificado em um portfólio, de forma que empresas que reduzam seu risco sistêmico são recompensadas com menor custo de capital e, para determinado fluxo de caixa, maior preço de ação (SOYKA & FELDMAN, 1998).

O risco sistêmico de uma empresa é medido por seu 'Beta', que é a medida da volatilidade da ação desta empresa relativa à volatilidade do mercado em geral, ao qual o valor 1 é designado (SOYKA & FELDMAN, 1998). Quão maior o Beta de uma companhia, maior é seu risco sistêmico, enquanto aquelas com Beta inferior a 1 são menos voláteis (SOYKA & FELDMAN, 1998).

Outra forma de abordar a questão acerca dos benefícios com relação à RSC é observando o custo de capital da companhia, que é o retorno exigido pelos acionistas por seu investimento em atividades novas e em andamento que objetivam aumentar o

fluxo de caixa da companhia (SOYKA & FELDMAN, 1998). Estimativas a respeito dos futuros fluxos de caixa em conjunto com o custo de capital da companhia são utilizados para se calcular o valor da ação da empresa (SOYKA & FELDMAN, 1998). Fluxos de caixa futuros são descontados para o valor presente utilizando o custo de capital, de forma que qualquer evento que aumente esta estimativa ou reduza o custo de capital aumenta o valor presente do fluxo de caixa e, desta forma, eleva o valor atual da ação da empresa (SOYKA & FELDMAN, 1998). Em termos práticos isso significa que, para se adicionar valor financeiro ao negócio, SMS (ou qualquer outra) iniciativa deve levar ao aumento do fluxo de caixa, seja por meio de impactos *top line* (receitas) e/ou *bottom line* (lucros), ou por meio da redução do custo de capital via redução de riscos, ou por meio de ambas as formas (SOYKA & FELDMAN, 1998). O acesso a todos os dados necessários para dita análise, no entanto, pode constituir um desafio para sua condução.

Outra forma de abordar o tema busca desagregar o valor de uma companhia em seus ativos tangíveis e intangíveis, sendo que os tangíveis consistem no valor de reposição de propriedade, instalações e equipamentos, dinheiro, etc. e os intangíveis são fatores de produção ou recursos especializados que permitem à firma obter lucros acima do retorno de seus ativos tangíveis, sendo exemplos comuns patentes e marcas (KONAR & COHEN, 2001). Bens intangíveis podem também ser passivos que diminuem o poder de aquisição de ativos físicos da empresa, por exemplo, desconfiança do consumidor sobre uma empresa envolvida em atividades fraudulentas pode resultar em um passivo intangível (KONAR & COHEN, 2001). Apresenta-se como desafio para este tipo de análise a dificuldade de mensuração dos valores tangíveis e intangíveis de uma companhia.

Rankings constituem outra forma de tratar a questão. Organizações ranqueiam companhias com base em seu desempenho em RSC e, apesar de metodologias às vezes questionáveis, esses *rankings* atraem considerável publicidade (PORTER & KRAMER, 2006). Como resultado, segundo Porter & Kramer (2006), RSC emerge como uma prioridade para líderes corporativos em todos os países. Uma crítica aos rankings seria a arbitrariedade de critérios de ranqueamento, estabelecidos pela instituição mantenedora do ranking.

Uma abordagem diferente busca relacionar RSC à gestão de recursos humanos. Para diversas empresas (especialmente as no setor de serviços), os recursos humanos constituem o maior componente de custos, de forma que as companhias estão constantemente buscando maneiras para controlar sua folha de pagamento, assim como tornar seus funcionários mais produtivos (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011). De acordo com Stuebs & Sun (2010) apud Mcwilliams & Siegel (2011), a reputação está associada à alta eficiência e produtividade da força de trabalho, ao passo que o custo total da força de trabalho não variava de acordo com a reputação. Willard (2002) apud Mcwilliams & Siegel (2011) identificou atitudes responsáveis como benéficas ao recrutamento, retenção e produtividade de funcionários.

Nyborg e Brekke (2004) apud Mcwilliams & Siegel (2011) indicam que o desenvolvimento de uma RSC permite às empresas desenvolver seus recursos humanos, assim como atrair profissionais altamente motivados e produtivos. Outra vantagem competitiva observada por alguns autores (BARON & DIERMEIER, 2007 apud MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011) é de atrair investidores com caráter ético, assim como de precaver a empresa de intervenções regulatórias governamentais (Baron, 2001; Maxwell, Lyon, & Hackett, 2000 apud MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011).

De acordo com Porter & Kramer (2006), se corporações analisassem seus prospectos para responsabilidade social utilizando o mesmo arcabouço que orientam as escolhas em seu negócio principal descobririam que a RSC pode ser muito mais do que um custo, uma restrição ou uma caridade, mas sim uma fonte de oportunidades, inovação e vantagem competitiva.

Porter & Kramer (2006) indicam que a atenção das corporações à RSC não foi totalmente voluntária, de forma que muitas companhias passaram a atentar-se ao tema após serem surpreendidas por respostas do público a questões que não imaginavam que fosse parte de sua responsabilidade de negócio. Os autores mencionam o boicote de consumidores à Nike, após o jornal New York Times e outras mídias relatarem práticas abusivas de trabalho em parte de seus fornecedores na Indonésia. Os autores indicam que a resposta mais comum de empresas às novas demandas por RSC não tem sido estratégica ou operacional, mas 'cosmética', via relações públicas e campanhas midiáticas. Porter & Kramer (2006) mencionam que, de forma geral, há quatro

argumentos para justificar a RSC: obrigação moral, sustentabilidade, licença para operar e reputação.

Em resumo, nota-se na literatura um possível consenso com relação ao crescimento de importância de ações ligadas à RSC na estratégia das companhias. Autores buscam, de formas distintas, investigar a relação entre desempenho ambiental e desempenho financeiro. Citam-se algumas das abordagens mencionadas nesta seção: considerações a respeito da teoria dos *stakeholders*, melhora da imagem e reputação das companhias; redução do risco sistêmico (beta); redução do custo de capital e aumento do valor presente descontado; desagregação do valor da companhia e impacto em seus ativos intangíveis; desempenho de índices financeiros.

De acordo com Machado & Machado (2008), "para mensurar o desempenho das ações de empresas que adotam postura ética, bom desempenho de sustentabilidade e governança, foram criados índices, a exemplo do *Dow Jones Sustainability Index* (DJSI) da Bolsa de Nova York, *Domini 400 Social Index, FTSE4Good*, da Bolsas de Valores de Londres e o Índice de Sustentabilidade Empresarial, da Bolsa de Valores de São Paulo (ISE)".

A seção seguinte discorre a respeito dos resultados de pesquisas realizadas para identificar (ou provar a inexistência) da relação entre RSC e desempenho financeiro, considerando índices de sustentabilidade existentes em diferentes países.

3.2. A Relação Entre Responsabilidade Social Corporativa e Desempenho Financeiro

A partir da década de 1970 surgiram estudos empíricos tentando, sem grande sucesso, identificar uma relação positiva entre RSC e desempenho financeiro (GRIFFIN & MAHON, 1997 apud REZENDE, NUNES & PORTELA, 2008).

Com relação ao valor da ação, menciona-se que os investidores compõem expectativas a respeito dos futures fluxos de caixa das companhias (DAMODARAN, 2002 apud CHAKAROVA & KARLSON, 2008) e pode-se argumentar que o valor de mercado de uma companhia é afetado quando o mercado de ações recebe uma nova informação com potencial impacto sobre o valor das futuras expectativas de seu fluxo de caixa (COPELAND et al., 2005 apud CHAKAROVA & KARLSON, 2008). Em última instância, o impacto de medidas de RSC (que pode ser medido pela entrada e saída da corporação em um índice de sustentabilidade) no seu valor de mercado é em teoria determinado pelo que acreditam os investidores com relação ao efeito que isto terá sobre suas riquezas (CHAKAROVA & KARLSON, 2008).

Em essência, companhias competem pelo capital do investidor, de forma que se torna crucial oferecer um retorno competitivo ao acionista por seu capital investido (CHAKAROVA & KARLSSON, 2007). Torna-se interessante comparar o desempenho de empresas RSC com outras ditas "ordinárias". Os índices definem medidas para incluir ou não empresas no primeiro grupo. O acionista é o ator mais importante dentro do grupo de partes interessadas, tendo em vista que provê o capital e é dono da companhia. De acordo com Chakarova & Karlsson (2007) não há ainda um consenso da comunidade cientifica quanto à apreciação do RSC das companhias por parte de acionistas.

Diversos estudos (nacionais e internacionais) foram desenvolvidos com o objetivo de averiguar a possível relação entre práticas de RSC e desempenho financeiro. Segundo Rezende et al. (2008), o maior questionamento destes estudos é "se esses investimentos possuem desempenho melhor, pior ou semelhante aos outros investimentos convencionais, que não utilizam os critérios sociais, ambientais e de governança corporativa como seleção dos melhores papéis".

A Tabela 3.2-1 apresenta alguns dos estudos que analisaram índices financeiros atrelados à sustentabilidade em regiões diferentes, com resultados contrastantes.

Tabela 3.2-1: Abordagem, Região/Setor Analisado e Conclusões de Estudos Anteriores

Autores	Abordagem	Região/Setor	Conclusões
Soyka & Feldman (1998)	Modelo de regressão estruturado para determinar e quantificar mudanças nos betas das empresas.	Maiores empresas corporações de capital aberto nos EUA.	Declínio do custo de capital. Possíveis benefícios financeiros substanciais por meio da redução do custo de capital, afetando diretamente a riqueza do acionista.
Knoepfel (2001)	Comparação entre os retornos médios do DJSGI e seu benchmark, o DJGI.	Ações comercializadas na NYSE que integram o DJSGI.	Melhores retornos médios em capital (equity), investimentos e ativos para as empresas sustentáveis.
Machado, Machado & Corrar (2008)	Averiguar se a rentabilidade média do ISE era estatisticamente igual à rentabilidade dos demais índices da BM&FBOVESPA.	Ações comercializadas na BM&FBOVESPA que integravam o ISE.	Não há diferença significativa entre o ISE e demais índices considerados.
Curran & Moran (2007)	Estudo de eventos, inclusão e exclusão do FTSE4Good UK Index. Retornos diários anormais ou inesperados associados a um evento foram calculados e sua significância testada.	FTSE4Good UK Index.	Os resultados não foram significantes, sugerindo que a presença de uma companhia no índice traz qualquer retorno financeiro significante.

Fonte: Elaboração própria.

Consolandi et al. (2009) indicam que o número de estudos sobre o tema tem progressivamente crescido nos últimos anos, mas que os resultados não têm sido conclusivos. Os autores mencionam Bauer et al. (2005) e Derwall et al. (2005) com resultados indicando desempenho superior ao dos benchmarks, ao passo que Geczy et al. (2004) indicam que há um preço a ser pago para aqueles que alocam recursos em patrimônio socialmente responsável (CONSOLANDI et al., 2009). Os autores também mencionam resultados obtidos por Orlitzky et al. (2003), que sugerem que os resultados

predominantes em estudos empíricos demonstram um desempenho levemente melhor de fundos socialmente responsáveis.

Alguns trabalhos buscam prover suporte empírico de que investidores recompensam empresas responsáveis e penalizam as vistas como irresponsáveis (MCWILLIAMS & SIEGEL, 2011). Sharfman & Fernando (2008) apud Mcwilliams & Siegel (2011) indicam que a adoção de práticas de gestão de risco por empresas foi capaz de reduzir seu custo de capital. Doh, Howton, Howton e Siegel (impresso), apud Mcwilliams & Siegel (2011), relataram que potenciais investidores podem avaliar atividades de RSC por meio de diversas classificações e rankings institucionais, como a Fortune Reputation Survey, assim como índices do mercado de ações, como o Domini Social Index, o Calvert Social Index, o Dow Jones Social and Sustainability Index. De acordo com os mesmos autores, o mercado de ações reage negativamente quando uma companhia é retirada de um índice, o que ocorre quando ela se engaja em um comportamento irresponsável, por exemplo, o derramamento de petróleo ou uma ação judicial por questões de gênero ou discriminação racial (MCWILLIAMS & SIEGEL 2011).

Borba, Rathman, Szklo & Schaeffer (2010), no entanto, concluem que, no caso de companhias de petróleo de capital aberto, ainda *não há impacto estatisticamente comprovado da adoção de uma postura sustentável mais pró-ativa, refletida na participação de índices de sustentabilidade.* Os autores realizaram uma análise de regressão do desempenho das ações de empresas de petróleo e gás listadas na bolsa de Nova York (NYSE) em relação ao preço do petróleo, na qual inseriram uma variável *dummy* para identificar se era estatisticamente relevante participar do índice de sustentabilidade. O estudo contemplou, também, uma avaliação das possíveis alterações no risco sistêmico (*beta*) de ditas empresas.

Alguns autores (BECCHETTI, CICIRETTI & HASAN, 2007 apud CHAKAROVA & KARLSSON, 2007) indicam que o mercado de ações reagirá a notícias acerca da RSC das empresas de acordo com seu impacto fundamental no valor da ação, ou que as ações de RSC seriam custosas e que isso mudaria o foco da empresa de 'maximização de lucros para satisfazer um grupo maior de partes interessadas', com possível reação negativa do mercado de ações.

Soyka & Feldman (1998) conduziram uma avaliação empírica contemplando as maiores empresas corporações de capital aberto nos EUA, criando um modelo de regressão estruturado para determinar e quantificar mudanças nos *betas* das empresas, obtendo resultados estatisticamente e analiticamente significantes, de acordo com os autores. A simulação realizada resultou em um declínio do custo de capital que resultou de um avanço de 50% do sistema de gestão ambiental da empresa, assim como 50% de seu desempenho ambiental (SOYKA & FELDMAN, 1998). Os autores concluem que avanços nos sistemas de Saúde, Meio Ambiente e Segurança (SMS), e seu alto desempenho, podem prover benefícios financeiros substanciais para corporações por meio da redução do custo de capital, afetando diretamente a riqueza do acionista. A simulação realizada não reflete receitas adicionais que poderiam advir de melhores resultados que uma reputação ambiental poderia conferir, assim como não reflete possíveis vantagens competitivas. Ao mesmo tempo, não contempla possíveis reduções em custos de operação.

Para um grupo de seis empresas do setor de óleo e gás, Borba, Rathman, Szklo & Schaeffer (2010) concluem que alterações dos *betas* são, substancialmente, mais bem explicadas pelas alterações na volatilidade da *commodity* principal de ditas empresas (petróleo) em comparação com a volatilidade do mercado. Os autores, no entanto, mantêm aberta a questão acerca do possível impacto de amortecimento do índice de sustentabilidade com relação à volatilidade do preço do petróleo.

Lançado em setembro de 1999, o DJSGI foca no conceito de sustentabilidade corporativa. Em seu primeiro ano de funcionamento apresentou um perfil favorável de risco/retorno para investidores, conforme apresentado na Figura 3.2-1 (KNOEPFEL, 2001):

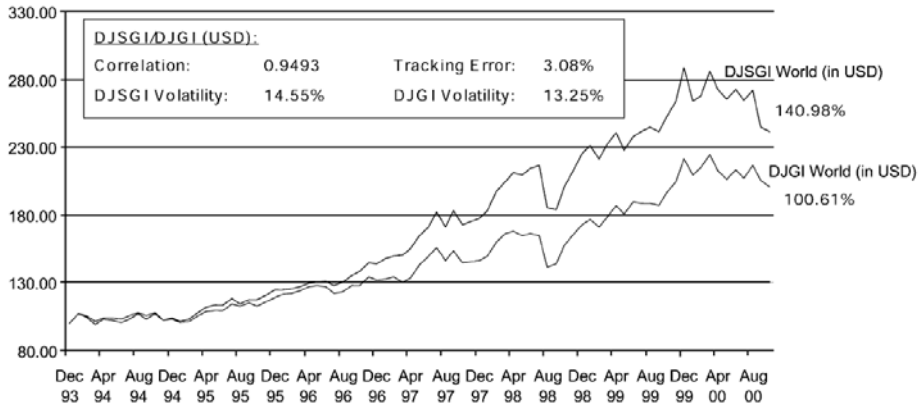


Figura 3.2-1: Dow Jones Sustainability Group Index World (dezembro de 1993 – outubro 2000, USD, Índice de Preço). Fonte: KNOEPFEL, 2001.

Segundo Knoepfel (2001), uma profunda comparação entre as componentes do DJSGI (Dow Jones Sustainablility Group Index) e aqueles de seu benchmark, o DJGI (Dow Jones Group Index), apresentam melhores retornos médios em capital (*equity*), investimentos e ativos para as empresas sustentáveis.

No longo prazo as empresas sustentáveis apresentam resultados mais previsíveis, o que indica menos surpresas negativas, o que levaria investidores a procurá-las não por melhor desempenho, que é sempre temporário, mas por um crescimento acima de média no qual se pode confiar (KNOEPFEL, 2001).

Os resultados de Consolandi et al. (2009) indicam que mesmo que o sinais de retorno anormal seja consistente com a hipótese de que a inclusão ou deleção do índice de sustentabilidade afeta o valor de mercado da ação, nota-se que o mercado parece punir a deleção de um índice mais do que apreciar sua inclusão, ressaltado que a deleção do índice não indica que houve uma piora nas políticas de sustentabilidade da companhia, mas que outras podem ter apresentado desempenho melhor.

Segundo Soyka & Feldman (1998), uma estratégia e execução apropriadas de SMS, assim como um sistema formal de gestão, podem prover benefícios financeiros substanciais e tangíveis ao negócio. Tais benefícios tomam a forma de melhora nos lucros, aumento da riqueza do acionista e redução dos riscos de investimento (SOYKA & FELDMAN, 1998). Pesquisa realizada com as mais proeminentes companhias com ações negociadas em bolsa indicou que a adoção de uma postura ambientalmente mais

proativa apresenta um impacto positivo e significativo na percepção de risco da empresa para investidores, assim como aumenta seu valor de mercado, enquanto diminui o custo de capital (SOYKA & FELDMAN, 1998).

Moskowits (1972) buscou provar uma relação positiva entre desempenho corporativo e "consciência social corporativa", enquanto Vance (1975) argumentou o oposto, sugerindo que práticas de RSC originam uma desvantagem competitiva (CHAKAROVA & KARLSON, 2008). Wu (2006) apud Chakarova & Karlson (2008) indica que o custo de ter uma estratégia de RSC de alto nível é mínimo e companhias podem se beneficiar de ações socialmente responsáveis. Ruf et al. (2001) apud Chakarova & Karlson, (2008) indicam que a melhora em RSC é positivamente relacionada ao crescimento das vendas e que uma empresa investindo em RSC gera benefícios de curto prazo e potenciais benefícios de longo prazo.

Lopez et al. (2007) apud Chakarova & Karlson (2008) indicam que tanto companhias como investidores creem que estratégias que considerem o quesito sustentabilidade possuem a capacidade de criar valor de longo prazo. No entanto, os autores encontraram uma relação negativa entre RSC e desempenho financeiro, considerando a necessidade de prover orçamento para novos ativos para práticas sustentáveis (LOPEZ et al., 2007 apud CHAKAROVA & KARLSON, 2008).

De acordo com Chakarova & Karlsson (2007), a mudança com relação à postura de uma companhia sobre CSR, medida pela entrada ou saída do índice DJSI WordlWorld, não gera retornos anômalos significantes. Entretanto, notam-se reações diferentes quando a amostra é decomposta de acordo com a região ou pela perspectiva temporal (CHAKAROVA & KARLSSON, 2007).

Machado, Machado & Corrar (2008) buscaram averiguar se a rentabilidade média do ISE era estatisticamente igual à rentabilidade dos demais índices da BM&FBOVESPA, no período compreendido entre dezembro de 2005 e novembro 2007. Por meio de testes paramétricos[10] e não-paramétricos[11], a conclusão foi não haver

---

[10] Teste paramétrico de Análise de Variância (*Anova one-way*), que tem como tem como pressupostos: amostras aleatórias e independentes; amostras extraídas de populações normais; e as populações devem ter variâncias iguais.

diferença significativa entre o ISE e demais índices considerados (MACHADO, MACHADO & CORRAR, 2008).

Rezende et al. (2008) compararam o retorno médio do ISE com o retorno médio do Índice Bovespa (Ibovespa), Índice Brasil (IBrX) e do Índice de Ações com Governança Corporativa Diferenciada (IGC). Os autores demonstraram, por meio de testes estatísticos, o retorno do ISE foi semelhante ao dos índices convencionais contemplados no período analisado.

Bertagnolli et al. (2006) buscaram determinar o nível de influência dos investimentos sociais e ambientais no desempenho econômico de empresas, realizando o teste de regressão múltipla com o intuito de verificar a influência dos indicadores sociais e ambientais (variáveis independentes) na receita líquida e no resultado operacional (variáveis dependentes). Os autores concluíram que há uma relação positiva entre os indicadores sociais e o desempenho econômico das empresas.

Consolandi et al. (2009) analisaram o desempenho do DJSSI[12] durante o período de 2001-2006, comparado ao do Surrogate Complementary Index (SCI) – um benchmark que contempla apenas os componentes do DJ Stoxx 600 que não participam do índice ético. Os autores também realizaram um estudo de eventos no mesmo período para analisar se o mercado de ações reagia à inclusão ou deleção no DJSSI. Os resultados sugerem que a avaliação do desempenho em RSC de uma companhia é um critério significativo para atividades de alocação de recursos. Ressalta-se, neste tipo de comparação, a influência do viés de seleção.

Em análises que buscam comparar a rentabilidade acumulada de determinado grupo de ações com algum índice de referência (*benchmark*), *um problema fundamental, que tende a tornar as análises enviesadas e, portanto, prejudicar seriamente as conclusões obtidas, é o que se convencionou chamar de viés de seleção*

---

[11] Teste não-paramétrico Kruskal Wallis, não exige distribuição normal e homogeneidade das variâncias.

[12] O Dow Jones Sustainability Stoxx Index (DJSSI) foca em corporações européias e seleciona aquelas com as mais altas pontuações em RSC dentre as incluidas no índice Dow Jones Stoxx (CONSOLANDI, C., JAISWAL-DALE, A., POGGIANI, E., VERCELLI, A. 2009).

.

(Sanvicente & Sanches, 2002). Pode haver a indução de erro em função das diferenças sistemáticas nas características das ações selecionadas e das não selecionadas para estudo. Idealmente, a comparação entre companhias e índices (que são compostos por companhias), sem o viés de seleção, exigiria a garantia de que não houvesse outras características relevantes ao desempenho de ditas companhias.

Scholtens & Boersen (2011) empregaram um estudo de evento para investigar como participantes do mercado financeiro valorizam acidentes no setor de energia. Os autores concluem que aparentemente de forma geral não apresentar uma reação significante com respeito aos acidentes, contemplados os 209 acidentes entre 1907 e 2007, o que sugerem que estes seriam 'parte do jogo' (SCHOLTENS & BOERSEN, 2011), mas indicam que a metodologia de estudo de eventos não é apropriada para avaliar efeitos de longo prazo e, portanto, concentram em respostas mais imediatas e de curto prazo.

Curran & Moran (2007) buscaram examinar se o desempenho financeiro de uma companhia é afetado pelo endosso público de seu desempenho ambiental e social. Por meio do estudo de eventos os autores examinaram a relação entre anúncios e variações nos preços de ações ou retornos diários, sendo a inclusão e deleção do FTSE4Good UK Index utilizado como medida de *proxy* para RSC. Os retornos diários anormais ou inesperados associados a um evento foram calculados e sua significância testada. Os resultados mostraram uma tendência positiva e negativa de acordo com o anúncio, havendo reflexo nos retornos diários, porém os resultados não foram significantes e os dados não sugeriram que a presença de uma companhia no índice traz qualquer retorno financeiro significante pela sinalização de sua RSC (CURRAN & MORAN, 2007).

Statman (2000) apud Rezende, Nunes & Portela (2008) avaliou o desempenho de 31 fundos americanos e do Domini Social Index[13] (DSI), entre maio de 1990 a setembro de 1998. O estudo demonstrou que o desempenho foi semelhante aos índices e fundos convencionais.

[13] Índice que compõe ações de empresas socialmente responsáveis, composto por 400 empresas - (REZENDE, NUNES & PORTELA, 2008).

Plantinga e Scholtens (2001), apud Rezende, Nunes, & Portela (2008), concluíram que os fundos de investimento socialmente responsáveis tendem para um melhor desempenho (risco versus retorno) do que os fundos que não têm relação com estratégias de investimento socialmente responsáveis, em pesquisa realizada entre 1994 e 1999 com mais de 800 fundos de investimentos europeus da Bélgica, da França e da Holanda.

Garz, Volk & Gilles (2002) apud Rezende, Nunes & Portela (2008) concluem que há sinais de melhor desempenho do índice Dow Jones de Sustentabilidade (DJSI) quando comparado ao Dow Jones STOXX (DJTOXX).

Derwall & Koedjjk (2005) apud Rezende, Nunes, & Portela (2008) demonstraram que os fundos ISR de renda fixa apresentaram média de desempenho semelhante aos fundos convencionais, utilizando para a avaliação o Índice de Sharpe (IS)[14], Alfa de Jensen[15], e análise estatística de regressões.

Os resultados obtidos por Curran & Moran (2007) mostraram uma tendência de valorização da ação no caso de anúncios positivos e desvalorização no caso de anúncios negativos. Entretanto, os resultados não foram significantes (CURRAN & MORAN, 2007). Os autores indicam que os motivos pelos quais as companhias saíram do índice não foram revelados (podendo ser tanto por mudanças na capitalização da empresa, mudança no nome da companhia por fusões e não somente por mudanças em seu status ambiental e social) e que essa seria uma informação relevante para os investidores.

Segundo Curran & Moran (2007), apesar de concluírem em seu estudo que a inclusão no índice de sustentabilidade não beneficia as companhias por meio do

---

[14] *(...) o IS tem sido amplamente utilizado na avaliação de fundos de investimento (...) o IS se encaixa na teoria de seleção de carteira, mais especificamente no modelo CAPM (capital asset pricing model), apontando as carteiras ótimas na LMC (linha do mercado de capitais)* (VARGAS, 2001). Mais informações em:

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-65552001000300011&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em 15/01/2012.

[15] O Alfa de Jensen é uma medida de desempenho de portfólio ajustada ao risco, que estima o quanto a capacidade de previsão de um gestor contribui para os retornos do fundo (JENSEN, 1968). Mais informações em: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=244153. Acesso em 20/02/2012.

aumento do preço de suas ações, em longo prazo a inclusão é importante por trazer benefícios em termos de reputação. Seus clientes considerarão que lidam com uma companhia ética e em longo prazo isso terá um benefício *bottom line* (lucros) e as pessoas vão querer comprar seus produtos, investir nelas ou trabalhar para elas (CURRAN & MORAN, 2007).

Segundo Cerin & Dobers (2001), grandes empresas apresentaram um percentual maior de crescimento do que o DJGI como um todo. O Dow Jones Global Titans Index (DJGT) representa 50 das 100 maiores empresas do mundo e apresentou melhor desempenho do que o DJGT entre 1993 e 1999 por aproximadamente 45% (Dow Jones Indexes, 2000 apud CERIN & DOBERS, 2001). De acordo com Cerin & Dobers (2001) aparentemente há uma correlação entre companhias com alta capitalização e seu desempenho no mercado de ações.

De 1998 a 1993 o DJGSI apresentou melhor desempenho do que o DJGI, com exceção de um período, na Europa (Dow Jones, 1999 apud CERIN & DOBERS, 2001). De acordo com o Dow Jones Sustainability Group Indexes GmbH a razão para a diferença de desempenho na Europa em benefício do DJGI provém do fato de as companhias incluídas neste índice terem sido mais rentáveis do que suas contrapartes no DJGSI (Dow Jones, 1999 apud CERIN & DOBERS, 2001).

De acordo com Cerin & Dobers (2001), possivelmente há fatores influenciando positivamente o desempenho como, por exemplo, (i) o DJSGI focar mais em empresas de tecnologia do que o DJGI e (ii) o valor de capitalização de mercado (*market capitalization value*[16]) das companhias no DJGSI ser duas vezes e meia maior do que a média para o DJGI. Destaca-se, desta forma, o problema do viés de seleção neste tipo de análise.

Konar & Cohen (2001) examinaram em que medida a reputação ambiental de uma firma é valorizada pelo mercado, decompondo o valor de mercado da companhia em ativos tangíveis e intangíveis, separando o desempenho ambiental dos ativos intangíveis da companhia. Seu principal resultado é que há uma relação positiva

[16] A capitalização de mercado é calculada pelo número de ações em circulação multiplicado pelo preço da ação (CURRAN & MORAN, 2007).

significativa entre desempenho ambiental e o valor de ativos intangíveis de empresas com ações negociadas no S&P500[17] (KONAR & COHEN, 2001).

Algumas limitações são apontadas por Konar & Cohen (2001). Estudos anteriores, geralmente realizando estudos de evento, sofriam de uma série de problemas, incluindo amostras pequenas, falta de critérios objetivos de desempenho ambiental e o fato de se basearem em dados antigos (KONAR & COHEN, 2001). Os estudos de evento não podem analisar tendências de longo prazo ou medidas objetivas de desempenho ambiental de uma firma que não estejam atreladas a uma data específica (KONAR, S., COHEN, M. A. 2001).

De acordo com Rezende, Nunes & Portela (2008) diversos autores apontam as dificuldades ou falta de conclusões a respeito da relação entre RSC e desempenho financeiro, como McWilliams e Siegel (2001), Wood (1991), Freeman e McVea (2000) ou Jones & Murrell (2001).

Rezende, Nunes & Portela (2008) concluem que *os estudos realizados sobre desempenho financeiro de investimentos socialmente responsáveis apresentam vários resultados, que, em sua maioria, indicam evidências de desempenho semelhante, mas que ainda apresentam fragilidades e inconsistências*.

Pode-se concluir que não há um consenso quanto à associação de desempenho ambiental e financeiro de uma empresa, avaliada por meio da participação em índices de sustentabilidade e sua possível valorização acima das demais empresas e índices.

A Tabela 3.2-2 apresenta uma compilação dos resultados de estudos anteriores sobre o tema considerados no presente trabalho.

Tabela 3.2-2: Resultados de Estudos Anteriores Quanto à Relação Entre RSC e Desempenho Financeiro

Relação não agrega benefícios	Relação agrega benefícios
Derwall & Koedjjk (2005)	Plantinga e Scholtens (2001)

[17] O S&P500 é um índice composto por quinhentos ativos (ações) elegívieis em função de seu tamanho de mercado, liquidez e representação de grupo industrial (Standard & Poor's Financial Services LLC, 2012). Mais informações em: www.standardandpoors.com/. Acesso em 20/02/2012.

Curran & Moran (2007)	Garz, Volk & Gilles (2002)
Borba, Rathman, Szklo & Schaeffer (2010)	Konar & Cohen (2001)
Machado, Machado & Corrar (2008)	Dow Jones, 1999
Rezende et al. (2008)	Garz, Volk & Gilles (2002)
Scholtens & Boersen (2011)	Knoepfel (2001)
	Soyka & Feldman (1998)

Fonte: Elaboração própria.

Depreende-se dos estudos considerados no presente trabalho, como possivelmente benéficos ao desempenho das companhias: diferenciação de produtos e crescimento das vendas, custos evitados com regulamentações ambientais, melhora da imagem e reputação, redução do risco sistêmico, menor custo de capital, aumento do valor presente da companhia, retenção de funcionários, facilidade para contratação de novos funcionários e aumento do valor intangível da companhia. Em contrapartida, depreende-se de alguns estudos que ações de RSC seriam custosas e desvirtuariam as companhias de seus objetivos principais: atender às demandas de acionistas por maiores retornos sobre seu investimento.

Apesar da falta de consenso, é evidente o crescimento da importância das políticas de RSC. Dentro deste contexto, pesquisas realizadas pelo CERES (2010), CDP (2011), CDP Brasil (2011) e CNI (2011) destacam a crescente importância do tema mudanças climáticas na agenda de líderes corporativos. A seção seguinte aborda o aumento da importância do tema mudança do clima, especificamente, no contexto de RSC e da percepção de valor por acionistas.

3.3. A Incorporação da Variável Carbono no Planejamento Estratégico das Companhias

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2011), o 'controle das emissões de GEE é uma questão imposta por pressões do mercado que demanda redefinição de estratégias corporativas de médio e longo prazos'. A questão entrou na agenda corporativa para se tornar um dos mais importantes fatores que afetam o ambiente das operações das companhias (CNI, 2011). Investidores passam cada vez mais a levar o fator 'mudança do clima' em suas decisões de investimento, destinando recursos àquelas empresas que integram a variável carbono em suas estratégias de negócio (CNI, 2011).

Um novo ambiente de negócios pautado por questões ligadas à mudança do clima apresenta riscos de natureza distinta (físicos, regulatórios, reputacionais, competitivos), com repercussão em riscos financeiros às companhias (CNI, 2011). De acordo com CNI (2011) todos os riscos implicam, de alguma forma, em custos adicionais às empresas, como por exemplo (CNI, 2011):

- *Riscos físicos: incorrem em custos devido ao reparo de estruturas danificadas por eventos climáticos extremos, custos com o aumento dos seguros e resseguros, aumento dos preços de commodities.*
- *Riscos regulatórios: implicam em custos devido ao pagamento de taxas e impostos sobre produtos e serviços carbono-intensivos, pagamento de multas caso as metas mandatórias de redução não sejam alcançadas.*
- *Riscos reputacionais e competitivos: levam a custos pela perda da fatia de mercado, menor acesso a fontes de capital, perda do valor da marca.*

Em contrapartida, o novo ambiente de negócios pautado por menor intensidade de carbono também apresenta oportunidades às companhias. Economia de custos, geração de novas receitas, maior facilidade a crédito e acesso a programas de financiamento diferenciados são alguns exemplos (CNI, 2011). No que concerne ao acesso de recursos financeiros, algumas instituições passam a considerar questões associadas à variável 'mudança do clima' como elemento para a concessão de financiamentos, assim como estão sendo desenvolvidos programas de crédito

diferenciado às empresas que apresentem iniciativas de redução de emissões de GEE, a exemplo da Linha Economia Verde da Nossa Caixa Desenvolvimento (CNI, 2011).

Em estudo realizado para o setor de petróleo e gás, Borba, Rathmann, Szklo e Schaeffer (2010) concluem que se pode esperar que a variável climática afete o valor de mercado das empresas (do setor de petróleo de gás) de três formas que, apesar de o foco ser em empresas do setor de petróleo e gás, em alguma medida podem estender-se a outros setores:

> *1) Aumento do custo de alavancagem em função de perda de reputação: É natural esperar que, no longo prazo, fundos de ações reduzam investimento em empresas cujos processos e produtos estejam diretamente associados a emissões de carbono, por considerarem o risco ambiental destas empresas.*
>
> *2) Perda de receita bruta em função de perda de reputação, ou programas governamentais, que afetem a venda de derivados: Um provável efeito do impacto das mudanças climáticas no valor de mercado das empresas petrolíferas é a possível redução das vendas das empresas (com a entrada de produtos substitutos menos poluentes, como biocombustíveis, e mesmo a promoção de carros mais eficientes), ou seja, menores receitas.*
>
> *3) Aumento de custos: Com limites de emissões, taxação de carbono ou especificação dos produtos. Este quadro leva a menor flexibilidade do mercado de derivados, aumentando a volatilidade dos preços e prejudicando a estabilidade do setor.*

De acordo com o Carbon Disclosure Project (2011), o crescimento de baixo carbono é hoje amplamente aceito como fundamental para gerar valor ao acionista em longo prazo, evitando uma mudança do clima perigosa e ajudando a economia global a se recuperar da perturbação recente. Oitenta e um por cento (404 empresas) do grupo Global 500 (as 500 maiores empresas do mundo) responderam questionário do CDP, no qual companhias são convidadas a relatar questões sobre seu processo de gestão de emissões de GEE e percepções quanto a riscos e oportunidades dentro de um novo ambiente de negócios.

De acordo com o Carbon Disclosure Project (2011), corporações, investidores e governos se defrontam com uma escolha: competir agressivamente por recursos finitos, ou avançar rumo a uma economia de baixo carbono que permita o crescimento sustentável e rentável, ao passo que se reduz a dependência de materiais escassos.

> *O Carbon Disclosure Project (CDP) é uma organização independente, sem fins lucrativos e que detém o maior banco de dados global em impacto climático corporativo do mundo. Foi criada em 2000 e o primeiro questionário foi enviado às 500 maiores empresas do planeta, com a finalidade de acelerar a criação de soluções e mitigar os efeitos do câmbio climático através da divulgação de informações relevantes do cerne dos negócios, políticas e decisões de investimento. Dessa forma, o CDP prospera em unir o poder coletivo das corporações, investidores e líderes políticos para catalisar uma ação unificada de enfrentamento das mudanças climáticas* (CDP, 2010).

O CDP trabalha com investidores globalmente para avançar com oportunidades de investimento e reduzir riscos colocados pela mudança do clima por meio da solicitação a quase 6.000 das maiores companhias no mundo a relatar suas estratégias climáticas, emissões de GEE e uso de energia em um formato padrão de questionário (Carbon Disclosure Project, 2011). Iniciativa do setor financeiro, a lista de signatários contempla bancos, companhias de seguro, gestores de ativos, donos de ativos, dentre outros. A Figura 3.3-1 ilustra o percentual de signatários de acordo com sua atividade.

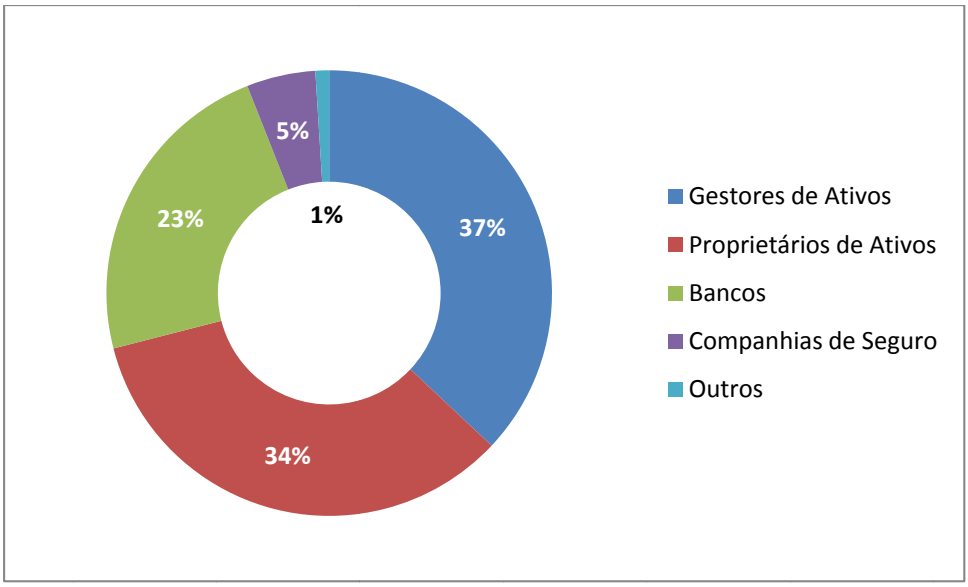


Figura 3.3-1: desagregação dos investidores signatários do CDP. Fonte: CDP (2011), tradução livre do autor.

Houve um crescimento significativo de signatários do CDP, assim como de ativos que esses signatários representam, desde sua concepção, conforme demonstra a Figura 3.3-2.

Figura 3.3-2: Número de signatários e ativos representados no CDP Investor ao longo do tempo. Fonte: CDP (2011).

O documento indica que as companhias presentes no Carbon Disclosure Leadership Index[18] (CDLI) e Carbon Performance Leadership Index[19] (CPLI) apresentaram aproximadamente o dobro do retorno total médio das companhias do Global 500 entre janeiro de 2005 e maio de 2011, conforme apresenta a Tabela 3.3-1.

Tabela 3.3-1: retorno total % (US$) do Global 500, CDLI e CPLI 2011 (janeiro de 2005 a maio de 2011)

	Global 500	CDLI	CPLI
Retorno total % (US%)	42,71%	82,44%	85,72%

Fonte: Bloomberg apud CDP (2011).

O resultado é apresentado graficamente na Figura 3.3-3.

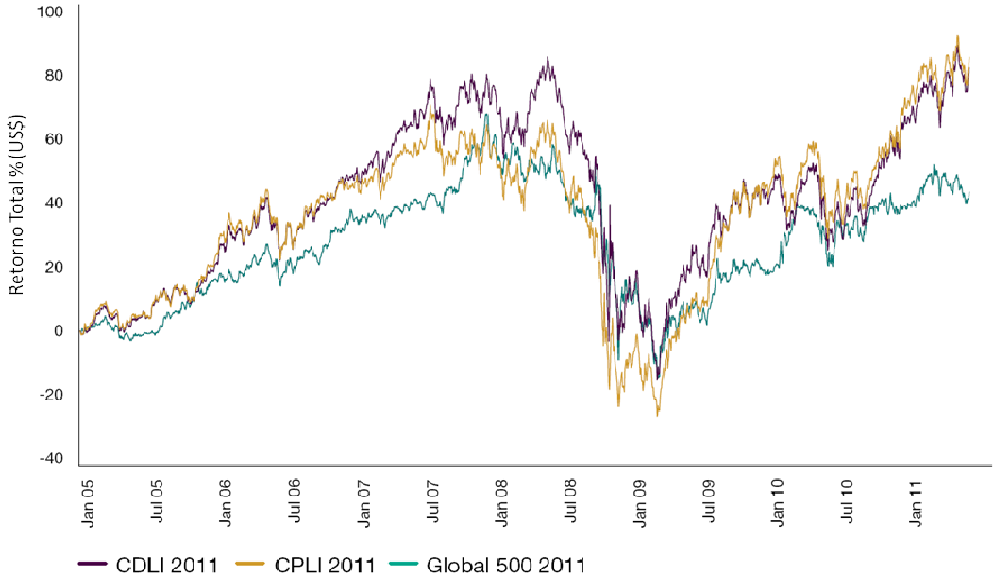


Figura 3.3-3: retorno total % (US$). Fonte: Bloomberg apud CDP (2011).

[18] As respostas do CDP são revisadas, analisada e pontuadas anualmente para qualidade em divulgação e desempenho em ações empreendias para mitigar a mudança do clima. Esses resultados servem de base para um posicionamento (em ranking) das companhias respondentes do CDP. As empresas com maior pontuação em divulgação compõem o CDLI e as com maior pontuação em desempenho compõem o CDPI. Mais informações em: https://www.cdproject.net/.

[19] Idem à nota anterior.

A correlação estatística com base em retornos diários entre os membros do CDLI 2011 e os do Global 500 é de 0,5; e entre os membros do CPLI 2011 e os do Global 500 é de 0,6 (base de dados de 1/01/2005 até 31/05/2011). O relatório menciona que é provável que outros fatores influenciem a relação entre o desempenho financeiro com o alto nível de divulgação e desempenho com relação aos critérios contemplados pelo CDP, o que poderia incluir a capacidade das equipes de gestão, ou a abordagem mais ampla por parte da empresa para identificar e capitalizar oportunidades ou gerenciar riscos (CDP, 2011). Acrescenta-se a isso, conforme apresentado na seção anterior, o fato de grandes corporações serem, de forma geral, financeiramente mais sólidas (maior envergadura) e apresentarem menor risco (menor beta), o que também poderia influenciar essa relação. Constata-se, desta forma, o problema do viés de seleção no tipo de comparação apresentado pelo CDP.

A Tabela 3.3-2 apresenta as empresas constituintes do CDLI e do CDPI 2011.

Tabela 3.3-2: Composição do CDLI e CDPI 2011

Setor	Empresas no CDLI	Empresas no CDPI
Bens de Consumo Primários	Philips Electronics	Philips Electronics
	BMW	BMW
	Honda Motor Company	Honda Motor Company
	News Corporation	
	Panasonic	
	Fiat	Fiat
	Volkswagen	
	Metro	
	British Sky Broadcasting	
Bens de Consumo Discricionários	Tesco	Tesco
	Nestle	
	British American Tobacco	British American Tobacco
	PepsiCo	
Energia	Suncor Energy	BG Group
	Hess	
	Royal Dutch Shell	
Financeiro	Bank of America	Bank of America
	Westpac Banking	Westpac Banking
	Simon Property	Bank of Montreal
	HSBC Holdings	Commonwealth Bank of Australia
	AXA Group	Morgan Stanley
	Allianz	National Australia Bank
	Swiss Re	Swiss Re
	UBS	UBS
	Royal Bank of Scotland Group	AXA Group

	National Australia Bank	
Saúde	Bayer	Bayer
	Gilead Sciences	GlaxoSmithKline
	Novartis	Novartis
	GlaxoSmithKline	
Industrial	Deutsche Post	CSX
	UPS	Lockheed Martin
	Siemens	Schneider Electric
	Saint-Gobain	
	Boeing	
	Schneider Electric	
	Lockheed Martin	
Tecnologia da Informação	Cisco Systems	Cisco Systems
	Accenture	Samsung Electronics
	SAP	SAP
	Sony Corporation	Sony Corporation
	Samsung Electronics	
Materiais	Lafarge	Air Products & Chemicals
	Dow Chemical	BASF
	VALE	
	Praxair	
	BASF	
	Air Products & Chemicals	
	Israel Chemicals	
Telecomunicação	Telefonica	
Serviços de Utilidade Pública	Fortum Oyj	ENEL
	Centrica	
	PG&E	

Fonte: CDP (2011).

O documento indica que 68% (269) das companhias que responderam ao CDP integram iniciativas ligadas ao tema mudança do clima à sua estratégia geral de negócios e que a maioria das companhias (93%, 368) relatou que executivos seniores ou conselhos fiscalizam os programas de mudança do clima da companhia, o que demonstraria que companhias passam cada vez mais a ligar a estratégia climática à sua estratégia de negócios (CDP, 2011).

Ações para um crescimento de baixo carbono são importantes para que empresas se resguardem de riscos, como escassez de recursos, e para criar modelos de negócio mais sustentáveis que gerem valor ao acionista em longo prazo (CDP, 2011).

Houve um aumento de 20% com relação à integração do tema mudanças climáticas na estratégia de negócios das companhias, de 2010 para 2011, considerando as empresas que responderam ao CDP. Outro ponto que reflete a crescente importância

colocada por companhias na questão é o alto percentual de recompensa a funcionários (72% ou 286 do total de participantes do CDP) associada às questões ligadas ao tema carbono e mudanças climáticas (CDP, 2011).

Respondentes do CDP 2011 mencionam que há significativas oportunidades associadas ao tema mudanças climáticas, incluindo a possibilidade de se ofertar serviços e produtos sustentáveis e de baixo carbono (CDP, 2011). Oportunidades associadas à reputação e ao comportamento de consumidores também são destacadas (CDP, 2011).

As empresas do Global 500 declararam que desdobramentos da mudança do clima podem ter amplos impactos financeiros sobres elas e, consequentemente sobre investidores, incluindo (CDP, 2011):

- Regulações, por exemplo, definição de preços do carbono por meio de esquemas de comércio de emissões, ou através de um imposto.
- Impacto potencial da mudança do clima nas cadeias de suprimentos.
- Mudanças nas preferências do consumidor.
- Potencial para aumento na frequência de eventos extremos.

Depreende-se que há um interesse e engajamento cada vez maior em questões ligadas à mudança do clima e ao controle das emissões de GEE por parte das companhias. Dentro de sua estratégia de RSC, o tema carbono passa a ser mais evidente, relevante e, possivelmente, mais impactante.

A seção seguinte abordará os índices que são o foco do presente estudo: o Índice de Sustentabilidade Empresarial e o índice Carbono Eficiente, ambos da BM&FBOVESPA e com forte apelo à questão climática.

3.3.1. Índices de Sustentabilidade no Mercado de Ações

Há uma série de índices que buscam agregar as ações de empresas que, de acordo com critérios específicos, atinjam ou se destaquem no quesito RSC. Serão mencionados alguns destes índices e, destacados, o ISE e o ICO2.

Mencionam-se os seguintes índices:

- Dow Jones Social and Sustainability Index
- FTSE4Good Series
- Domini 400 Social Index
- Calvert Social Index
- Johannesburg Stock Exchange SRI Index
- ISTANBUL STOCK EXCHANGE SUSTAINABILITY INDEX
- NASDAQ OMX CRD Global Sustainability Index
- CCM Bull Market Sustainability Index

3.3.1.1. Índice de Sustentabilidade Empresarial - ISE

Atentas à tendência mundial de investimentos em empresas socialmente responsáveis, sustentáveis e rentáveis, a BM&FBOVESPA, em conjunto ABRAPP[20], ANBIMA[21], APIMEC[22], IBGC[23], IFC[24], Instituto ETHOS[25] e Ministério do Meio Ambiente, criou em 2005 o Índice de Sustentabilidade Empresarial – ISE (BM&FBOVESPA, 2011). Entende-se que as aplicações denominadas ISR, consideram que empresas sustentáveis geram valor para o acionista no longo prazo, por estarem mais preparadas para enfrentar riscos econômicos, sociais e ambientais (BM&FBOVESPA, 2011).

De acordo com a BM&FBOVESPA (2011) *o ISE tem por objetivo refletir o retorno de uma carteira composta por ações de empresas com reconhecido comprometimento com a responsabilidade social e a sustentabilidade empresarial, e também atuar como promotor das boas práticas no meio empresarial brasileiro*.

A BM&FBOVESPA (2011) indica que o índice tem por missão:

- *Ser composto por empresas que se destacam em responsabilidade social, com sustentabilidade no longo prazo;*
- *Ser um referencial do desempenho das ações desse tipo de empresa;*
- *Ser percebido como tal pelo mercado (credibilidade);*
- *Ser replicável;*
- *Estimular boas práticas por parte das demais empresas.*

As empresas que compõem o índice são selecionadas por meio de um questionário que busca aferir o desempenho das companhias emissoras das 200 ações mais negociadas da BM&FBOVESPA. O questionário se embasa no conceito do *triple*

---

[20] ABRAPP: Associação Brasileira das Entidades Fechadas de Previdência Complementar.

[21] ANBIMA: Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais.

[22] APIMEC: Associação dos Analistas e Profissionais de Investimento do Mercado de Capitais.

[23] IBGC: Instituto Brasileiro de Governança Corporativa.

[24] IFC: International Finance Corporation.

[25] Instituto ETHOS de Empresas e Responsabilidade Social.

bottom line (TBL) que busca avaliar de forma integrada elementos ambientais, sociais e econômico financeiros.

O preenchimento do questionário é voluntário e as respostas são analisadas por uma *ferramenta estatística chamada análise de clusters, que identifica grupos de empresas com desempenhos similares e aponta o grupo com melhor desempenho geral* (BM&FBOVESPA, 2011). As 40 empresas mais bem posicionadas irão compor a carteira final do ISE, após a aprovação do Conselho do Índice[26]. O Conselho escolherá as empresas com melhor classificação,considerando, principalmente (BM&FBOVESPA, 2011):

- *Relacionamento com empregados e fornecedores;*
- *Relacionamento com a comunidade;*
- *Governança corporativa;*
- *Impacto ambiental de suas atividades.*

O questionário submetido às empresas para a definição da carteira do ISE é composto por sete dimensões, que avaliam distintos aspectos da sustentabilidade (ISE, 2011):

- *Dimensão Geral: compromissos com o desenvolvimento sustentável, alinhamento às boas práticas de sustentabilidade, transparência das informações corporativas e práticas de combate à corrupção;*
- *Dimensão Natureza do Produto: impactos pessoais e difusos dos produtos e serviços oferecidos pelas empresas, adoção do princípio da precaução e disponibilização de informações ao consumidor;*
- *Dimensão Governança Corporativa: relacionamento entre sócios, estrutura e gestão do Conselho de Administração, processos de auditoria e fiscalização, práticas relacionadas à conduta e conflito de interesses;*
- *Dimensão Econômico-Financeira, Ambiental e Social: políticas corporativas, gestão, desempenho e cumprimento legal;*

---

[26] O Conselho do ISE é composto por: ABRAPP, ANBIMA, APIMEC, BM&FBOVESPA, IBGC, IFC, Instituto ETHOS, Ministério do Meio Ambiente e PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente).

- *Dimensão Mudanças Climáticas: política corporativa, gestão, desempenho e nível de abertura das informações sobre o tema.*

Antes da criação de uma dimensão específica ao tema mudanças climáticas, questões referentes tema eram presentes na dimensão ambiental do questionário do ISE. Ressalta-se o crescimento da importância do tema, portanto, nos critérios de seleção do ISE, que passou a dedicar uma dimensão exclusiva de seu questionário às ações relacionadas à gestão de emissões de GEE das companhias a partir de 2011, devido à relevância do tema (Revista Página 22, 2011). As dimensões apresentam peso igual a 100 cada, na equalização final das empresas para a composição do índice. Cada dimensão é subdividida em critérios, que distribuem os pesos até a soma de 100 (ISE, 2012). De acordo com ISE (2012) *os pesos desses critérios são definidos pela relevância do tema no contexto atual da gestão empresarial e das demandas da sociedade.*

O ISE medirá o retorno total da carteira teórica, cujas ações são ponderadas pelo valor de mercado das ações disponíveis a negociação (*free float*), de forma que são excluídas as ações de propriedade do controlador. A carteira do índice tem vigência por uma ano e o *peso específico de cada ação no índice poderá alterar-se ao longo da vigência da carteira, em função da evolução dos preços de cada ação e/ou da distribuição de proventos pela empresa emissora.*

A participação de um setor econômico na carteira não poderá superar 15%, quando ocorrer a avaliação periódica do índice. Sua base foi fixada em 1.000 pontos para a data de 30 de novembro de 2005.

O ISE é calculado de acordo com a equação Equação 3.3.1.1-1 (BM&FBOVESPA, 2011):

$$\textbf{Equação 3.3.1.1-1: } \mathbf{ISE_t = ISE_{(t-1)} \times \frac{\sum_{i=1}^{n} Qi_{t-1} \times Pi_t}{\sum_{i=1}^{n} Qi_{t-1} \times Pi_{t-1}}}$$

Onde:

$ISE_{(t)}$: Valor do índice no dia t.

$ISE_{(t-1)}$: Valor do índice no dia t – 1.

Qit-1: Quantidade teórica da ação i disponível à negociação no dia t - 1. Na ocorrência da distribuição

de proventos em ações do mesmo tipo, pela empresa, refere-se à quantidade teórica da ação i disponível à negociação no dia t - 1, recalculada em função deste provento.

Pi_t: Preço da ação i no fechamento do dia t.

Pi_{t-1} Preço de fechamento da ação i no dia t - 1, ou seu preço ex-teórico no caso da distribuição de proventos nesse dia.

Uma crítica a respeito da forma pela qual se calcula o ISE relaciona-se à natureza do Índice de Laspeyres. O índice de Laspeyres pondera preços em duas épocas, inicial e atual, tomando como pesos quantidades arbitradas na época inicial (IBGE, 2012). Ditos valores são considerados adequadas à época inicial e não à época atual, então admite-se que o numerador possa se apresentar super dimensionado e, assim, o índice de Laspeyres pode apresentar tendência de elevação (IBGE, 2012).

Conforme ocorra a inclusão ou exclusão de ações na carteira, rebalanceamentos ou ajustes decorrentes de proventos/ eventos pelas empresas, haverá um ajuste do índice inicial por meio do redutor α, conforme apresenta a Equação 3.3.1.1-2 (BM&FBOVESPA, 2011):

Equação 3.3.1.1-2: Índice inicial = Valor da Carteira / α = 1.000

Com a utilização do redutor, o valor do ISE é calculado de acordo com a Equação 3.3.1.1-3.

$$\textbf{Equação 3.3.1.1-3: } \mathbf{ISE_{(t)}} = \frac{\textbf{Valor total da carteira}}{\textbf{Redutor}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} Pi_t \times Qi_t\right)}{\propto}$$

Onde:

$ISE_{(t)}$: Valor do índice no instante t.

n: Número total de empresas (na ação/tipo) integrantes da carteira teórica do índice.

Pi_t Último preço da ação i no instante t.

Qi_t: Quantidade da ação i na carteira teórica no instante t.

α: Redutor utilizado para adequar o valor do índice à base corrente.

A Tabela 3.3.1.1-1 apresenta as carteiras do ISE, desde sua criação até o período de 2009/2010.

Tabela 3.3.1.1-1: Carteiras do ISE

		2005/6	2006/7	2007/8	2008/9	2009/10
Empresas		28	34	32	30	34
Ações		33	43	40	38	43
Setores		12	14	13	12	16
Valor de Mercado (R$ bilhão)		504,2	700,7	927,0	374,2	735,2
%( )Part.% (Cap. Total)		%34,9%	%48,5%	%39,6%	%26,4%	%32,4%
Carteira Anterior	**Class.**	-	29	35	34	26
	Não Class.	-	44	88	66	22
Novas Empresas		-	10	7	6	8

Fonte: BM&FBOVESPA (2011)

A BM&FBOVESPA (2011) indica que o perfil do Investidor do ISE é pragmático e engajado. Define o investidor pragmático como *aqueles que compram ações de empresas listadas em índices de sustentabilidade porque acreditam que essas companhias têm mais chances de permanecerem produtivas pelas próximas décadas e que sofrerão menos passivos judiciais, com ações ambientais, trabalhista e sociais* (BM&FBOVESPA, 2011).

Define o investidor engajado como *aquele que, por comprometimento pessoal, decide privilegiar as empresas que atuam de forma sustentável, com respeito a valores éticos, ambientais e sociais. Ele não quer se envolver com empresas que poluem ou que têm problemas com direitos humanos. Está disposto a pagar um valor maior pela ação de empresas que privilegiam os três pilares de sustentabilidade: econômico, ambiental e social* (BM&FBOVESPA, 2011).

De acordo com a BM&FBOVESPA (2011), a participação no ISE confere à empresa as seguintes vantagens:

- *Reconhecida pelo mercado como empresa que atua com responsabilidade social corporativa.*
- *Reconhecida como empresa com sustentabilidade no longo prazo.*
- *Reconhecida como empresa preocupada com o impacto ambiental das suas atividades.*
- *Em resumo: o ISE é um "selo de qualidade".*

A Tabela 3.3.1.1-2 apresenta a carteira atual do ISE.

Tabela 3.3.1.1-2: Composição da Carteira do Índice de Sustentabilidade Empresarial em 06/01/2011

Código	Ação	Tipo	Qtde. Teórica	Part. (%)
AEDU3	ANHANGUERA	ON NM	141.128.672	1,260
BBAS3	BRASIL	ON NM	137.683.105	1,378
BBDC3	BRADESCO	ON ED N1	79.374.574	0,876
BBDC4	BRADESCO	PN ED N1	290.638.235	3,960
BICB4	BICBANCO	PN N1	10.121.529	0,036
BRFS3	BRF FOODS	ON EJ NM	555.681.704	8,767
BRKM3	BRASKEM	ON N1	30.907.171	0,157
BRKM5	BRASKEM	PNA N1	267.523.222	1,490
CCRO3	CCR SA	ON NM	909.456.604	4,643
CESP6	CESP	PNB N1	93.868.970	1,299
CMIG3	CEMIG	ON N1	75.720.774	0,875
CMIG4	CEMIG	PN N1	195.106.553	2,775
COCE3	COELCE	ON	12.420.044	0,171
COCE5	COELCE	PNA	13.669.802	0,203
CPFE3	CPFL ENERGIA	ON NM	153.060.492	1,714
CPLE3	COPEL	ON N1	11.238.311	0,154
CPLE6	COPEL	PNB N1	52.276.737	0,861
CSMG3	COPASA	ON INT NM	53.739.945	0,820
DTEX3	DURATEX	ON NM	227.835.472	0,884
ECOR3	ECORODOVIAS	ON NM	143.821.833	0,793
ELET3	ELETROBRAS	ON N1	114.777.647	0,898

Código	Ação	Tipo	Qtde. Teórica	Part. (%)
ELET6	ELETROBRAS	PNB N1	113.535.329	1,320
ELPL4	ELETROPAULO	PN N2	47.933.229	0,760
EMBR3	EMBRAER	ON NM	722.331.708	3,731
ENBR3	ENERGIAS BR	ON NM	40.147.714	0,714
EVEN3	EVEN	ON NM	171.727.121	0,483
FIBR3	FIBRIA	ON NM	187.955.307	1,161
GETI3	AES TIETE	ON	29.218.641	0,291
GETI4	AES TIETE	PN	48.796.751	0,560
GGBR3	GERDAU	ON N1	100.231.859	0,566
GGBR4	GERDAU	PN N1	858.619.121	5,849
GOAU3	GERDAU MET	ON N1	44.755.334	0,312
GOAU4	GERDAU MET	PN N1	267.946.292	2,272
ITSA3	ITAUSA	ON N1	104.148.839	0,647
ITSA4	ITAUSA	PN N1	350.785.441	1,739
ITUB3	ITAUUNIBANCO	ON ED N1	33.976.209	0,424
ITUB4	ITAUUNIBANCO	PN ED N1	347.849.091	5,237
LIGT3	LIGHT S/A	ON NM	49.801.223	0,638
NATU3	NATURA	ON NM	167.795.151	2,670
RDCD3	REDECARD	ON NM	336.274.898	4,197
SANB11	SANTANDER BR	UNT N2	103.674.045	0,675
SBSP3	SABESP	ON NM	113.326.528	2,614
SULA11	SUL AMERICA	UNT N2	106.695.487	0,683
SUZB5	SUZANO PAPEL	PNA N1	177.106.043	0,513
TBLE3	TRACTEBEL	ON NM	105.687.163	1,399
TIMP3	TIM PART S/A	ON NM	805.647.435	3,317
TNLP3	TELEMAR	ON	50.481.669	0,480
TNLP4	TELEMAR	PN	213.173.014	1,654
UGPA3	ULTRAPAR	ON NM	398.667.106	5,722
VALE3	VALE	ON N1	342.698.249	6,132
VALE5	VALE	PNA N1	542.269.774	9,226
Quantidade Teórica Total	--	--	10.553.307.167	100,000
Redutor	--	--	112.360.018,78033635	--

Fonte: BM&FBOVESPA (2011)

3.3.1.2. Índice Carbono Eficiente – ICO2

O Índice Carbono Eficiente (ICO2), desenvolvido pela BM&FBOVESPA em conjunto com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), cuja primeira carteira passou a vigorar em setembro de 2010, é um índice baseado na carteira do IBrX-50[27] que considera as emissões de GEE das empresas na ponderação das ações participantes, buscando obter maior eficiência em termos de emissões de GEE em relação ao índice base, i.e. a carteira de ações que compõe o índice antes de seu rebalanceamento considerando emissões de GEE (BM&FBOVESPA, 2011).

A composição do índice se restringe às ações pertencentes ao IBrX-50 que atendam a critérios definidos pelas regras do ICO2, condicionadas a uma adesão formal por parte das empresas à iniciativa. A adesão implica no comprometimento da empresa em relatar anualmente seu inventário de emissões de GEE, seguindo regras estabelecidas pela BM&FBOVESPA. Tais regras determinam o nível de abrangência das emissões inventariadas e prazos para o envio dos inventários (BM&FBOVESPA, 2011).

A composição do índice será ponderada de acordo com:

(i) participação no IBrX-50, no qual as ações componentes são ponderadas pelo valor econômico de suas ações em circulação (free float[28]);

---

[27] *O IBrX-50 é um índice que mede o retorno total de uma carteira teórica composta por 50 ações selecionadas entre as mais negociadas na BM&FBOVESPA em termos de liquidez, ponderadas na carteira pelo valor de mercado das ações disponíveis à negociação. Ele foi desenhado para ser um referencial para os investidores e administradores de carteira, e também para possibilitar o lançamento de derivativos (futuros, opções sobre futuro e opções sobre índice). O IBrX-50 tem as mesmas características do IBrX – Índice Brasil, que é composto por 100 ações, mas apresenta a vantagem operacional de ser mais facilmente reproduzido pelo mercado* (BM&FBOVESPA, 2011).

[28] *Free float* é a quantidade percentual de ações livres à negociação no mercado. São aquelas ações que não pertencem a acionistas estratégicos, como: controladores e diretores da companhia e acionistas que detenham mais de 5% do capital total da empresa. Também se excluem do *free float* as ações com restrições (que não podem ser negociadas) e aquelas em tesouraria. Na prática, quanto maior o *free float* de uma companhia, maior sua liquidez no mercado e maior a facilidade com que os investidores minoritários podem adquirir e vender livremente suas ações. Isso é particularmente importante para o

(ii) razão entre as emissões de GEE, medidas em toneladas de CO_2 equivalente (tCO_2e), e a Receita Bruta reportada na última demonstração financeira padronizada (DFP) da empresa (Coeficiente Emissão/Receita ou Coeficiente) (BM&FBOVESPA, 2011).

O inventário de GEE referente ao ano imediatamente anterior deverá ser apresentado à BM&FBOVESPA, assim como a receita bruta apresentada na última demonstração financeira padronizada do ano correspondente ao inventário de GEE. Com base nestas informações, calcula-se o coeficiente *emissão/receita*, que é utilizado como critério na montagem do ICO2.

De acordo com a BM&FBOVESPA (2011) o coeficiente visa:

(i) Normalizar a amostra, tornando possível a comparação entre empresas de portes diferentes; e

(ii) Avaliar a eficiência das empresas em termos de emissão de GEE, ou seja, o grau de exposição da receita da empresa frente ao seu volume de emissões de carbono.

A Equação 3.3.1.2-1 apresenta a forma pela qual se calcula o coeficiente.

$$\textbf{Equação 3.3.1.2-1: Coeficiente Emissão/Receita}_t = \frac{\textbf{Emissões GEE } (tCO_2e)}{\textbf{Receita}_t \text{ (R\$ } 10^6)}$$

Onde:

Emissão de GEE_t: Quantidade de toneladas de dióxido de carbono equivalente, emitida no ano t

$Receita_t$: Receita Bruta reportada na última demonstração financeira padronizada (DFP) anual, em milhões de reais, auferida no Demonstrativo Financeiro referente ao ano t

Fonte: BM&FBOVESPA (2011)

---

pequeno investidor no caso de empresas menores, que possuem muitas ações em poder de poucos acionistas estratégicos. Esse tipo de concentração não é interessante para o acionista minoritário." Fonte: Investpedia (2011). Disponível em: http://www.investpedia.com.br/artigo/O+que+e+Free+Float.aspx. Acesso em 04/10/2011

A partir da definição do IBrX-50, que ocorre a cada quadrimestre, se inicia o processo de definição da carteira do ICO2.

A participação de ações no ICO2 é definida de acordo com duas etapas. Na primeira considera-se coeficiente *emissão/receita* da empresa assim como o da média das empresas do mesmo setor ou média de todas as empresas que compõem o índice (no caso de setores com apenas uma empresa). No caso de setores com mais de uma empresa, para a definição do peso da ação no ICO2 considera-se a Equação 3.3.1.2-2.

$$\textbf{Equação 3.3.1.2-2: } \mathbf{PesoICO2_i = PesoIBrX_i \text{ x } \left[\frac{1\text{MédiaCoef[Emissão/Receita]Setoria}_z}{\text{Coef.[Emissão/Receita]}_i}\right]^y}$$

Onde:

PesoICO2i:	Participação da ação i no ICO2
PesoIBrXi:	Participação da ação i no IBrX-50, considerando a redistribuição de ações
Coef.[Emissão/Receita]i:	Razão entre a emissão de GEE, medida em t CO2e, e a Receita Bruta, em milhões de reais, relatada n a última demonstração financeira padronizada (DFP) da empresa i
MédiaCoef.[Emissão/Receita]Setorialz:	Média aritmética simples do fator Coef.[Emissão/Receita] das empresas que compõem o setor z do ICO2, ao qual pertence à empresa i
y:	1

Fonte: BM&FBOVESPA (2011)

Considerando a ponderação das ações com base nos coeficientes apresentados, i.e. a redistribuição das ações conforme seu coeficiente de emissões, o índice apresentará um coeficiente de emissões menor em comparação ao índice IBrX-50. O coeficiente de emissões representa a soma dos coeficientes de emissão/receita de todas as empresas na carteira, ponderadas pela participação de suas ações no índice (BM&FBOVESPA, 2011). A título de ilustração, tendo em vista que isto não será objeto deste trabalho, a Equação 3.3.1.2-3 apresenta a forma pela qual se calcular o coeficiente de emissões:

$$\textbf{Equação 3.3.1.2-3: } \mathbf{Coef}\left[\frac{\mathbf{Emissão}}{\mathbf{Receita}}\right]\mathbf{Índice} = \sum_{i=1}^{n}\mathbf{PesoI_i}\ \mathbf{x}\ \mathbf{Coef}\left[\frac{\mathbf{Emissão}}{\mathbf{Receita}}\right]_i$$

Onde:

Coef.[Emissão/Receita Índice]:	Coeficiente de emissão de carbono do índice
$PesoI_i$:	Participação da ação i no índice
Coef.[Emissão/Receita]$_i$:	Coeficiente Emissão/Receita da empresa i
n:	Número de ações que compõem o índice

Fonte: BM&FBOVESPA (2011)

Ao mesmo tempo, é possível avaliar a redução do coeficiente de emissões do ICO2 em relação ao IBrX-50, i.e. o reflexo da ponderação da carteira tendo como base a intensidade de emissões das ações que a compõem. Para isto, a título de ilustração, a redução do coeficiente de emissões pode ser calculada de acordo com a Equação 3.3.1.2-4.

$$\textbf{Equação 3.3.1.2-4: } \Delta\mathbf{Carbono} = \frac{\sum_{1}^{n}\left(\mathbf{PesoICO2}\times\mathbf{Coef}\left[\frac{\mathbf{Emissão}}{\mathbf{Receita}}\right]_i\right)}{\sum_{1}^{n}\left(\mathbf{PesoIBrX}\times\mathbf{Coef}\left[\frac{\mathbf{Emissão}}{\mathbf{Receita}}\right]_i\right)} - \mathbf{1}$$

Onde:

ΔCarbono:	Redução do coeficiente de emissão do ICO2 em relação ao IBrX-50
$PesoICO2_i$:	Participação da ação i no ICO2
Coef.[Emissão/Receita]$_i$:	Coeficiente Emissão/Receita da empresa i
$PesoIBrX_i$:	Participação da ação i no IBrX-50, considerando a redistribuição mencionada no item G.2
N	Número de ações que compõem o índice

Fonte: BM&FBOVESPA (2011)

O ICO2 teve a base fixada em 1.000 pontos, para a data de 31 de agosto de 2010. Caso seja necessário, para acomodar inclusões ou exclusões na carteira, e para adequar-se à base inicial, o valor de mercado da carteira será ajustado por um coeficiente de ajuste (redutor), representado por μ na fórmula do Índice, conforme apresenta a Equação 3.3.1.2-5 (BM&FBOVESPA, 2011).

$$\textbf{Equação 3.3.1.2-5: } \mathbf{Índice\ inicial} = \frac{\mathbf{Valor\ da\ carteira}}{\boldsymbol{\mu}} = \mathbf{1.000}$$

O valor da carteira do ICO2 pode ser calculado de diferentes formas.

Para se calcular o valor do ICO2, sem a utilização do redutor, pode-se utilizar a Equação 3.3.1.2-6.

$$\textbf{Equação 3.3.1.2-6: } \mathbf{ICO2_t = ICO2_{t-1} \times \frac{\sum_{i=1}^{n} Qi_{t-1} \times Pi_t}{\sum_{i=1}^{n} Qi_{t-1} x Pi_{t-1}}}$$

Onde:

$ICO2_t$: Valor do índice no dia t

$ICO2_{t-1}$: Valor do índice no dia t – 1

n: Número de ações integrantes da carteira teórica do índice

Qi_{t-1}: Quantidade teórica da ação i disponível à negociação no dia t – 1. Na ocorrência da distribuição de proventos em ações do mesmo tipo, pela empresa, refere-se à quantidade teórica da ação i disponível à negociação no dia t – 1 recalculada em função deste provento

Pi_t: Preço da ação i no fechamento do dia t

Pi_{t-1}: Preço de fechamento da ação i no dia t – 1, ou seu preço ex-teórico no caso da distribuição de proventos nesse dia

Fonte: BM&FBOVESPA (2011)

A Figura 3.3.1.2-1 ilustra um exemplo de balanceamento do ICO2 de acordo com a intensidade de emissões por receita.

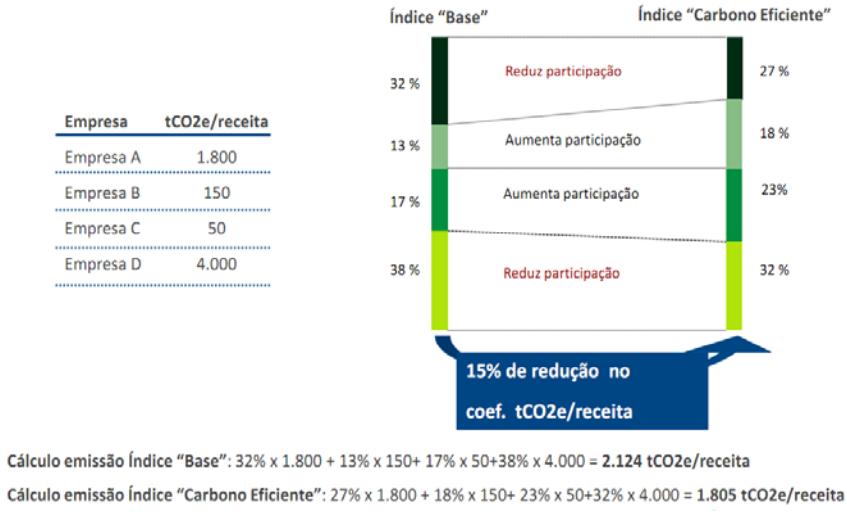


Figura 3.3.1.2-1: Eficiência em Carbono: Exemplo. Fonte: BM&FBOVESPA, 2010

A carteira do ICO2 tem vigência por quatro meses, da mesma forma que o IBrX-50, de forma que é reavaliada ao final de cada quadrimestre de acordo com a metodologia do índice. A Tabela 3.3.1.2-1 apresenta a composição da carteira do ICO2 em 21/12/2011.

Tabela 3.3.1.2-1: Composição da Carteira do Índice Carbono Eficiente em 21/12/2011

Código	Ação	Tipo	Qtde. Teórica	Part. (%)
Quantidade Teórica Total Redutor	--	--	25.407.065.346 573.733.734,42940833	100,000
ALLL3	ALL AMER LAT	ON NM	393.963.851	0,638
AMBV4	AMBEV	PN	796.140.745	9,144
BBAS3	BRASIL	ON NM	1.059.410.936	4,154
BBDC4	BRADESCO	PN EJ N1	2.024.081.128	10,637
BRAP4	BRADESPAR	PN N1	120.926.099	0,655
BRFS3	BRF FOODS	ON NM	672.484.933	4,121
BRKM5	BRASKEM	PNA N1	134.227.657	0,317
BRML3	BR MALLS PAR	ON NM	290.225.119	0,928
BVMF3	BMFBOVESPA	ON NM	1.516.335.810	2,606
CCRO3	CCR SA	ON NM	1.275.158.444	2,663
CESP6	CESP	PNB N1	342.072.371	1,941
CIEL3	CIELO	ON NM	355.917.655	2,900
CMIG4	CEMIG	PN ED N1	510.032.827	2,816
CPLE6	COPEL	PNB N1	182.517.167	1,208
CSAN3	COSAN	ON NM	64.717.322	0,299
ELET3	ELETROBRAS	ON N1	63.485.009	0,190
ELPL4	ELETROPAULO	PN N2	220.524.642	1,313
FIBR3	FIBRIA	ON NM	122.059.038	0,271
GOLL4	GOL	PN N2	50.500.095	0,112
ITSA4	ITAUSA	PN N1	565.923.586	1,080
ITUB4	ITAUUNIBANCO	PN N1	2.398.666.054	13,878
JBSS3	JBS	ON NM	1.943.789.847	2,073

Código	Ação	Tipo	Qtde. Teórica	Part. (%)
LAME4	LOJAS AMERIC	PN INT	602.140.609	1,476
LREN3	LOJAS RENNER	ON EJ NM	70.804.305	0,606
MMXM3	MMX MINER	ON NM	457.316.592	0,498
MRFG3	MARFRIG	ON NM	145.724.757	0,210
MRVE3	MRV	ON NM	704.890.766	1,368
NATU3	NATURA	ON NM	297.254.569	1,794
OGXP3	OGX PETROLEO	ON NM	1.236.202.750	2,888
PCAR4	P.ACUCAR-CBD	PN N1	170.660.517	1,936
PDGR3	PDG REALT	ON NM	758.706.592	0,792
RDCD3	REDECARD	ON NM	544.450.462	2,736
SANB11	SANTANDER BR	UNT N2	965.975.681	2,406
TIMP3	TIM PART S/A	ON NM	1.631.566.214	2,555
TNLP4	TELEMAR	PN	471.367.172	1,362
VALE3	VALE	ON N1	797.253.888	5,459
VALE5	VALE	PNA N1	1.200.120.005	7,835
VIVT4	TELEF BRASIL	PN	249.470.132	2,135
Quantidade Teórica Total	--	--	25.407.065.346	100,000
Redutor	--	--	573.733.734,42940833	--

Fonte: BM&FBOVESPA, 2011.

4. Análise de Regressão

A análise de regressão considerou o fechamento mensal ajustado do preço das ações de cada empresa listada na Tabela 4-1, que apresenta também a data de entrada dessas empresas nos índices analisados. Os dados foram obtidos no site Yahoo Finance (2011), contemplando o período janeiro de 2000 a dezembro de 2011. O número de observações variou por empresa de acordo a disponibilidade de informações. O Yahoo Finance indica que os valores são ajustados para pagamentos de dividendos.

Tabela 4-1: Empresas do setor mínero-metalúrgico que integram o ISE e/ou o ICO2 e sua data de entrada e saída dos índices

Empresa	Acrônimo	Entrada no ISE	Saída do ISE	Entrada no ICO2	Saída do ICO2
MMX Mineração e Metálicos S.A.	MMX MINER ON NM	--	--	Setembro/2010	--
VALE S. A.	VALE ON N1	Janeiro/2011	--	Setembro/2010	--
	VALE PNA N1	Janeiro/2011	--	Setembro/2010	--
Gerdau S.A.	GERDAU ON N1	Dezembro/2006	--	--	--
	GERDAU PN N1	Dezembro/2006	--	--	--
Metalúrgica Gerdau S. A.	GERDAU MET ON N1	Dezembro/2006	--	--	--
	GERDAU MET PN N1	Dezembro/2006	--	--	--

Fonte: ISE (2012)[29], BM&FBOVESPA (2010)[30] e BM&FBOVESPA (2011)[31]

A Figura 4-1 apresenta a variação do valor de mercado das ações das empresas contempladas, o preço do minério de ferro, de janeiro de 2000 a dezembro de 2011.

[29] http://www.isebvmf.com.br/index.php?r=site/conteudo&id=2

[30] http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/noticias/2010/download/apresentacao-do-lancamento-do-ICO2-01122010.pdf

[31] http://www.bmfbovespa.com.br/indices/ResumoCarteiraTeorica.aspx?Indice=ICO2&idioma=pt-br

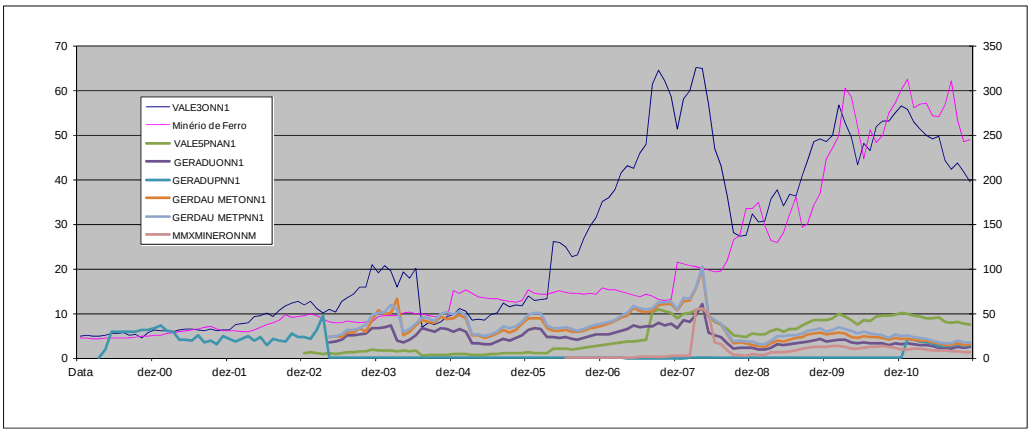


Figura 4-1: Variação do valor de mercado das ações das empresas contempladas e do preço do minério de ferro. Fonte: elaboração própria.

Observa-se na Figura 4-1 diversas quebras estruturais nas séries e não é possível, visualmente, identificar um padrão uniforme de variação para as ações contempladas, entre si, ou com relação ao preço do minério de ferro. Nota-se uma forte quebra nas ações da VALE (ordinárias) no final de 2005, assim como um acentuado crescimento no preço do valor do minério de ferro de dezembro de 2007 em diante.

Em primeiro lugar, plotou-se a série temporal dos valores das ações contempladas, assim como do minério de ferro (Figura 4-2). Para cada ação, foi plotado o gráfico relacionando o preço da ação e o preço do minério de ferro, foi adicionada a linha de tendência e definida a regressão linear que melhor se ajustava à reta. A título de exemplo, apresenta-se a Figura 4-2.

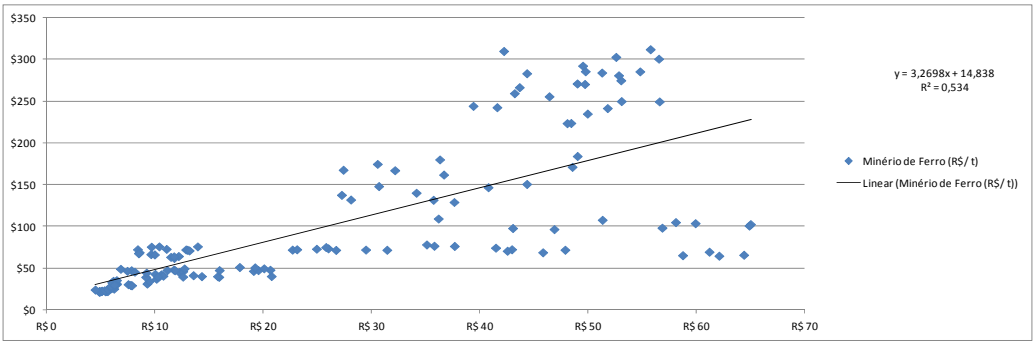


Figura 4-2: Preço da Ação Ordinária da Vale X Preço do Minério de Ferro. Fonte: elaboração própria.

O preço histórico das ações foi obtido no site Yahoo Finance. O preço histórico do minério de ferro foi obtido no site Indexmundi e representa os valores do minério de

ferro importado pela China [*China import Iron Ore Fines 62% FE spot (CFR Tianjin port), US Dollars per Metric Ton*].

Em seguida, foi realizada uma análise de regressão simples relacionado a variável dependente (preço da ação ordinária da Vale) à variável independente (preço do minério de ferro).

Na sequência foi realizada uma regressão múltipla incluindo as variáveis *dummies* para representar a participação nos índices ISE e ICO2. Deve-se mencionar a questão de variáveis omitidas, tendo em vista que o modelo empregado não considera outras variáveis explicativas possivelmente relacionadas ao preço das ações. A regressão é, portanto, simplificada e a omissão de variáveis explicativas poderia ter influência no resultado final da análise.

Para essas regressões, foram obtidos os coeficientes de correlação (R múltiplo) e coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado). Testou-se, então, a significância estatística dos coeficientes dos estimadores das variáveis dummies, por meio do teste t (cuja hipótese nula – H0 – era de que não havia significância estatística para ditos estimadores). Para inferir quanto à validade do teste, tendo em vista uma possível relação espúria entre as variáveis, realizou-se o teste de Durbin-Watson. Os procedimentos descritos foram realizados e repetidos para todas as empresas contempladas na análise.

A Tabela 4-2 apresenta os resultados obtidos com relação ao teste T.

Tabela 4-2: Resultados do Teste T

Ação	T crítico[1]	T calculado ISE[1]	T calculado ICO2[1]
Vale (ordinária)	1,976931458	-1,146336991	-0,936569775
Vale (preferencial)	1,983037471	-0,949499722	-0,393254001
Gerdau (preferencial)	1,977177694	0,651112323	--
Gerdau (ordinária)	1,98373095	-0,314135087	--
Gerdau Metais (preferencial)	1,983495205	3,676125272	--
Gerdau Metais (ordinária)	1,98326409	-6,160019033	--
MMX Mineração (ordinária)	1,997729633	--	-0,816169029

[1]H0 (hipótese nula) é que não há significância estatística para o coeficiente estimador, ao nível de confiança de 95%. **Fonte: elaboração própria.**

A Tabela 4-3 apresenta os resultados com relação ao teste de Durbin Waston.

Tabela 4-3: Resultados do Teste de Durbin-Watson

Ação	Estatística DW	Limite Crítico Inferior	Limite Crítico Superior
Vale (ordinária)	0,130641402	1,706	1,760
Vale (preferencial)	0,17741321	1,654	1,694
Gerdau (preferencial)	0,29348266	1,72	1,746
Gerdau (ordinária)	0,26858827	1,72	1,746
Gerdau Metais (preferencial)	0,429664376	1,706	1,760
Gerdau Metais (ordinária)	0,406176345	1,706	1,760
MMX Mineração (ordinária)	0,531100785	1,72	1,746

Fonte: elaboração própria.

A Tabela 4-4 resume os resultados obtidos, incorporando também os resultados para o coeficiente de correlação e o coeficiente de determinação ajustado.

Tabela 4-4: Resultados das Análises de Regressão Linear e teste D-W realizados

Ação	R Múltiplo	R^2 Ajustado	Resultado Teste T ISE[1]	Resultado Teste T ICO2[1]	Resultado Teste DW
Vale (ordinária)	0,75	0,55	Aceita-se H0	Aceita-se H0	Auto-correlação positiva
Vale (preferencial)	0,75	0,55	Aceita-se H0	Aceita-se H0	Auto-correlação positiva

Gerdau (preferencial)	0,43	0,17	Aceita-se H0	--	Auto-correlação positiva
Gerdau (ordinária)	0,28	0,06	Rejeita-se H0	--	Auto-correlação positiva
Gerdau Metais (preferencial)	0,59	0,33	Rejeita-se H0	--	Auto-correlação positiva
Gerdau Metais (ordinária)	0,60	0,35	Rejeita-se H0	--	Auto-correlação positiva
MMX Mineração (ordinária)	0,18	0,00	--	Aceita-se H0	Auto-correlação positiva

[1]H0 (hipótese nula): não há significância estatística para o coeficiente estimador. **Fonte: elaboração própria.**

Da Tabela 4-3, depreende-se que todas as regressões são espúrias, em função da identificação de autocorrelação positiva nos resíduos. Em alguns casos, também, o coeficiente de correlação se mostrou muito baixo (Gerdau ações ordinárias, MMX Mineração ações ordinárias), assim como o coeficiente de determinação ajustado (Gerdau ações preferenciais e ordinárias, Gerdau Metais ações preferenciais e ordinárias, MMX Mineração ações ordinárias).

Para as ações da Vale e da Gerdau Metais, notou-se uma forte correlação positiva entre as variáveis (de 0,59 a 0,75), mas mesmo uma correlação forte não implica em causalidade (o que se comprovou dado que as relações são espúrias). Para as ações da Vale, a variação no preço do minério de ferro seria capaz de explicar 55% da variação do seu preço de mercado, enquanto para as outras empresas um percentual muito baixo foi obtido para o coeficiente de determinação ajustado (variando de 0% a 35%). A hipótese nula foi aceita em quase todos os testes, com exceção dos testes realizados para a Gerdau Metais, onde a participação no ISE se mostrou estatisticamente relevante. No entanto, estes resultados deixam de ser estatisticamente interessantes para que qualquer conclusão seja inferida, à medida que as relações mostraram-se espúrias. Ressalta-se a hipótese nula do teste de Durbin-Watson é de que os erros do modelo não apresentam autocorrelação serial de ordem 1, de forma que o teste não se aplica a lags maiores do que 1. Alternativa seria a aplicação do Teste LM de Correlação Serial (BARROS, 2010), que seria mais indicada para o presente caso. Isto constitui uma incerteza do presente trabalho, de forma que recomenda-se que futuros estudos de

natureza semelhante empreguem outros testes formais para se identificar a presença ou ausência da autocorrelação dos resíduos.

A independência de erros ou autocorrelação residual preconiza que os resíduos (u) devam ser distribuídos de forma aleatória em torno da reta de regressão e, portanto, não sejam correlacionados uns com os outros. Se os resíduos apresentarem comportamento não aleatório (seguirem uma tendência), a hipótese básica do modelo de regressão foi violada e o método dos mínimos quadrados para estimar a e b não poderá ser utilizado. O modelo clássico de regressão linear supõe que o termo de perturbação referente a uma observação não é influenciado pelo tempo de perturbação referente a outra observação (GUJARATI, 2000).

No caso de haver correlação residual, as estimativas de a e b da equação se tornam ineficientes, de forma que o erro padrão da estimativa b (S_b) ficará subestimado, produzindo um intervalo de confiança superestimado para a população (CORRAR, et al., 2010). A autocorrelação provoca o aumento indevido na probabilidade de aceitação da estimativa b, e pode-se também cometer o erro de aceitar uma variável independente que deveria ser excluída do modelo (CORRAR, et al., 2010).

A autocorrelação pode provir de um erro na especificação funcional de um modelo, por exemplo se for utilizado um modelo linear quando o ideal seria utilizar um modelo exponencial. Outra causa da autocorrelação pode ser a omissão de variável dependente importante para o modelo de regressão (o modelo da regressão não está corretamente especificado), de forma que o comportamento do resíduo refletirá a tendência dessa variável, que passará a integrá-lo (CORRAR, et al., 2010). Outra razão seria a inércia, característica que se destaca na maioria das séries temporais (GUJARATI, 2000). A utilização de um forma funcional incorreta também poderia acarretar em autocorrelação dos resíduos (GUJARATI, 2000).

Há também, como causa da autocorrelação, defasagens. Por exemplo, no caso de o preço da ação relacionar-se ao preço do minério de ferro em um período anterior. Outra questão associada à defasagem seria de o preço da ação depender de seu próprio preço em um período anterior. Um regressão dessa natureza é conhecida como auto-regressão, porque uma das variáveis explicativas é o valor defasado da variável dependente (GUJARATI, 2000).

A manipulação de dados seria outra possível explicação para a auto-correlação dos resíduos. Nesse caso, o uso de dados médios em uma série temporal (por exemplo, uso de informações trimestrais obtidas com base na média de valores mensais) pode suavizar os dados, amortecendo flutuações que se notam na série mais desagregada. Esta suavidade ou uniformidade maior pode conferir um padrão sistemático nas perturbações, introduzindo assim a autocorrelação (GUJARATI, 2000). Observações aberrantes poderiam propiciar a variação da variância u_i (GUJARATI, 2000).

No caso das análises realizadas, possivelmente a questão de variáveis omissas, bem como o não tratamento das defasagens e da autorregressão, a manipulação dos dados (suavizados em função do valores mensais serem calculados com base em valores diários), ou mesmo a especificação incorreta do modelo (linear ao invés de outro), poderiam ser as causas da autocorrelação dos resíduos.

Este resultado (a presença de autocorrelação dos resíduos) sugere que o princípio da homoscedasticidade não é atendido. A constatação de heteroscedasticiade estaria associada a não distribuição aleatória dos resíduos, ou seja, sua variância não é constante. Com isso, os estimadores tornam-se menos eficientes e a região de aceitação da hipótese nula é maior do que deveria ser, o que pode resultar em conclusões errôneas a respeito do teste t.

Na estimação da equação da regressão, pelo método dos mínimos quadrados, β é o melhor estimador linear não viesado (MELNV), se as hipóteses do modelo clássico (incluindo a homoscedasticidade) forem válidas. Quando há heteroscedasticidade β permanece linear e não viesado, porém deixa de ser eficiente ou o melhor estimador.

Na presença de autocorrelação ou heteroscedasticidade os estimadores usuais de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), embora não viesados, já não possuem variância mínima entre os estimadores lineares não viesados, já não são MELV (GUJARATI, 2000).

Buscando contornar o problema identificado, alguns testes foram realizados. Na Figura 4-1, notam-se alguns eventos nas séries que podem quebrar sua estrutura como, por exemplo, a crise de 2008, quando os preços das ações caíram de forma drástica (ou mesmo o forte descolamento entre preço minério e ações que precedeu a crise).

Buscando eliminar tal distorção, foi realizado um teste separando a análise em três períodos: período completo, período pré crise e período pós crie. Outro teste realizado foi a inclusão de uma variável *dummy* que representasse o período do no qual o mercado, e por conseguinte a Vale (assim como as outras empresas), encontrava-se dentro do contexto da crise.

Ditos testes foram realizados com as ações da Vale por esta apresentarem a maior série histórica dentre as empresas analisadas.

Os resultados são apresentados na Tabela 4-5 e Tabela 4-6.

Tabela 4-5: Resultados do teste T para as ações da VALE

Ação	T crítico[1]	T calculado minério de ferro[1]	T calculado ISE[1]	T calculado ICO2[1]	T calculado crise[1]
Período pré crise (jan/2000-abr/2006)	1,992102124	4,921863724	--	--	--
Período pós crise (out/2008-dez/2011)	2,028093987	6,009310371	-2,26843042	1,057534583	--
Variável dummy para a crise	1,977053689	12,75501063	-1,155293071	-1,073267726	-0,750164237

[1]H0 (hipótese nula) é que não há significância estatística para o coeficiente estimador, ao nível de confiança de 95%. **Fonte: elaboração própria.**

Tabela 4-6: Resultados do teste de Durbin-Watson para as ações da VALE

Ação	Estatística DW	Limite Crítico Inferior	Limite Crítico Superior
Período pré crise (jan/2000-abr/2006)	0,279582032	1,598	1,652
Período pós crise (out/2008-dez/2011)	0,70862699	1,382	1,597
Variável dummy para a crise	0,136057043	1,72	1,746

Fonte: elaboração própria.

Os resultados são consolidados na Tabela 4-7.

Tabela 4-7: Resultados dos Teste para a Análise de Regressão Linear e teste D-W realizados

Ação	Teste	Resultado Teste T Minério de Ferro	Resultado Teste T Crise	Resultado Teste T ISE	Resultado Teste T ICO2	Resultado Teste DW
VALEON	Período pré crise (jan/2000-abr/2006)	Rejeita-se H0	--	--	--	Auto-correlação positiva
	Período pós crise (out/2008-dez/2011)	Rejeita-se H0	--	Rejeita-se H0	Aceita-se H0	Auto-correlação positiva
	Variável dummy para a crise	Rejeita-se H0	Aceita-se H0	Aceita-se H0	Aceita-se H0	Auto-correlação positiva

Fonte: elaboração própria.

Notando que a auto-correlação dos resíduos se mantinha presente, e que uma possível causa seria a inadequação do modelo linear para representar a relação pretendida, foram realizados testes com regressões não lineares. Mencionam-se: função exponencial, função polinomial, função logarítmica e função potência. A Figura 4-3, Figura 4-4, Figura 4-5 e Figura 4-6 apresentam o resultado do exercício para se plotar ditas funções. Deve-se notar que o teste D-W, utilizado para se averiguar a presença de auto-correlação dos resíduos, é indicada para autocorrelação de lag 1, apenas.

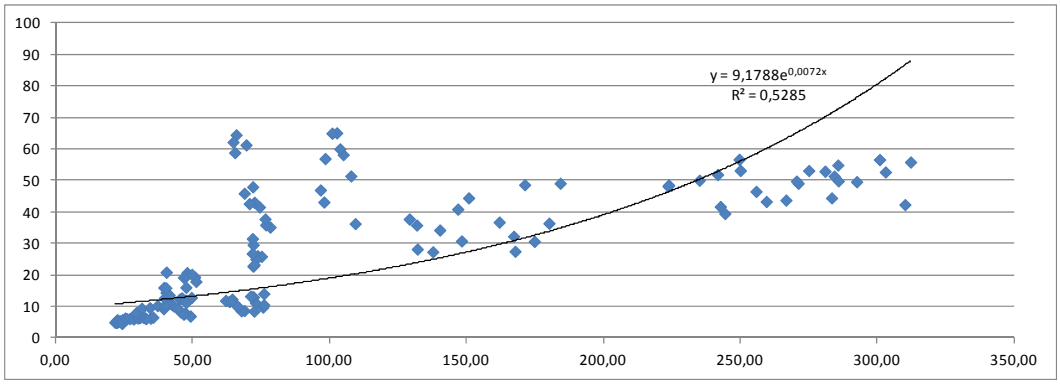


Figura 4-3: Função Exponencial. Fonte: elaboração própria.

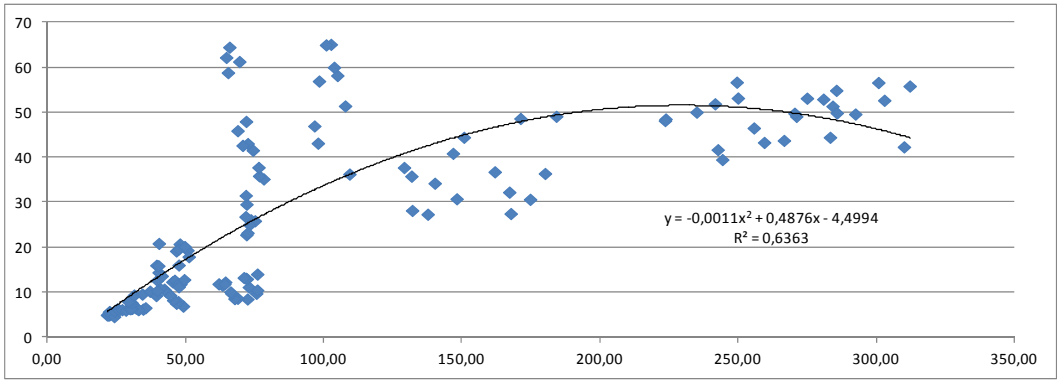


Figura 4-4: Função Polinomial. Fonte: elaboração própria.

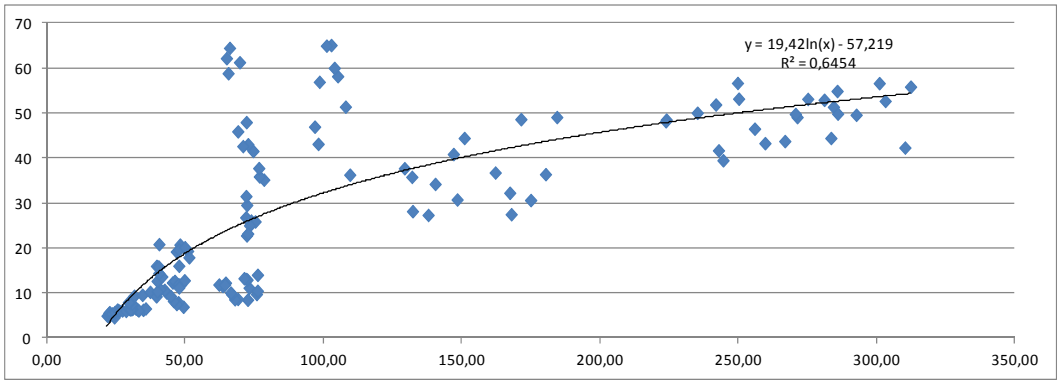


Figura 4-5: Função Logarítmica. Fonte: elaboração própria.

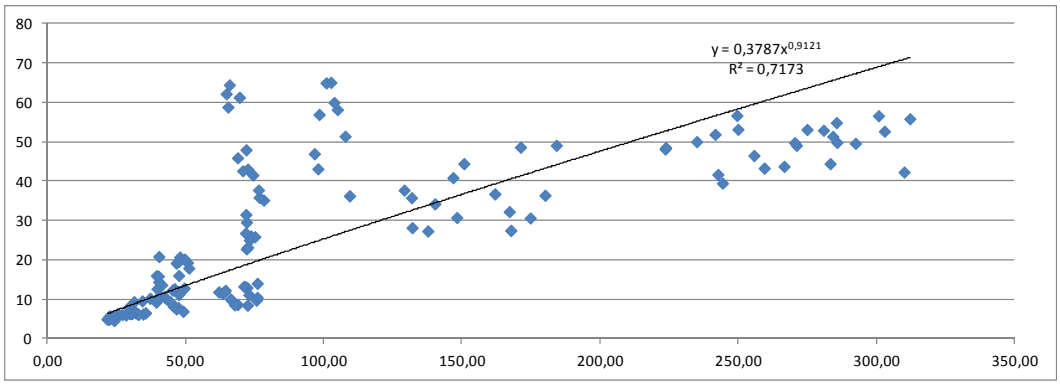


Figura 4-6: Função Potência. Fonte: elaboração própria.

Da mesa forma que no caso das regressões lineares, foram incluídas as variáveis *dummies* e foi testada a significância estatística destas, assim como realizado o teste de Durbin-Watson para averiguar a presença de autocorrelação nos resíduos. As ações da Vale foram escolhidas para esse teste por apresentarem a maior série histórica dentre as empresas analisadas. A função potência apresentou o maior coeficiente de

determinação, de forma que 72% das variações na variável preço da ação da Vale seriam explicadas pela variação no preço do minério de ferro. De acordo com orientação em CORRAR (2010), esta seria a função mais adequada dentre as analisadas, mas ainda seria necessário investigar sua validade e significância estatística.

Os resultados da análise para a função logarítmica e função potência são apresentados na Tabela 4-8 e Tabela 4-9.

Tabela 4-8: Resultados do teste T para as ações da VALE

Ação	T crítico[1]	T calculado minério de ferro[1]	T calculado ISE[1]	T calculado ICO2[1]
Função Logarítmica	1,976931458	13,5900635	-0,977138843	0,067527673
Função Potência		17,49536549	-0,66839826	-1,367832751

[1]H0 (hipótese nula) é que não há significância estatística para o coeficiente estimador, ao nível de confiança de 95%. **Fonte: elaboração própria.**

Tabela 4-9: Resultados do teste de Durbin-Watson para as ações da VALE

Ação	Estatística DW	Limite Crítico Inferior	Limite Crítico Superior
Função Logarítmica	0,129042156	1,706	1,760
Função Potência	0,165723225	1,706	1,760

Fonte: elaboração própria.

Os resultados são consolidados na Tabela 4-10, acrescidos do coeficiente de correlação e coeficiente de determinação ajustado.

Tabela 4-10: Resultados das Análises de Regressão Não linear e teste D-W realizados

Ação	Função	R Múltiplo	R^2 Ajustado	Resultado Teste T ISE	Resultado Teste T ICO2	Resultado Teste DW
Vale (ordinária)	Função Logarítmica	0,81	0,64	Aceita-se H0	Aceita-se H0	Auto-correlação positiva
	Função Potência	0,86	0,73	Aceita-se H0	Aceita-se H0	Auto-correlação positiva

Fonte: elaboração própria.

Da Tabela 4-10 depreende-se que as funções logarítmica e exponencial apresentam altos valores para o coeficiente de correlação e determinação ajustado, as

hipóteses nulas são aceitas mas, novamente, constatou-se a presença de autocorrelação dos resíduos, o que invalida os testes.

Para a obtenção dos resultados apresentados na Tabela 4-4, Tabela 4-7 e Tabela 4-10, dados mensais foram utilizados. Buscou-se, na sequencia, trabalhar com dados semanais para a realização das análises. De acordo com Arouri & Nguyen (2010), que buscaram capturar a interação entre variações no preço do barril de petróleo e o preço de ações de empresas de óleo e gás, recomenda-se o uso de dados semanais, em detrimento de dados mensais ou diários. Ressalta-se que os autores mencionados têm por foco o setor de óleo e gás mas, para o presente trabalho, considerou-se que os pontos abordados pelos autores seriam válidos para o setor mínero-metalúrgico. Desta forma, buscou-se na sequência testar dados semanais para se avaliar as funções. A série histórica de preços do minério de ferro, desagregada semanalmente, foi obtida no site *Steel Business Briefing*, e representam os valores históricos de contratos da Vale para entrega no Japão [CVRD/Vale Carajas fines (CJF) 66% Fe - Japan - FOB Ponta da Madeira BRL centavos/dmtu].

Outra melhora com relação à base de dados consistiu na identificação de desdobramentos, grupamentos e bonificações de ações. Com as séries semanais foi possível observar incrementos ou decréscimos acentuados no valor das ações de um período para o outro, o que poderia representar os eventos mencionados. O site Yahoo Finance, fonte das séries de preços históricas das ações, indica *preço de fechamento ajustado para dividendos e desdobramentos*. Esta havia sido a fonte considerada para a base de dados mensais utilizada, assim como para a base de dados semanais. Buscou-se junto ao site da BM&FBOVESPA[32] identificar as datas e o impacto de ditos eventos sobre o valor das ações, que foram então confrontadas com aquelas apresentada no site Yahoo Finance. Aparentemente, o Yahoo Finance agrega bem os efeitos de pagamentos de dividendos, mas não completamente o efeito de desdobramentos e bonificações (na forma de ações). Exemplo é apresentado na Tabela 4-11 e Tabela 4-12. Ressalta-se que nem sempre há distinção quanto às ações preferenciais ou ordinárias, com relação aos

[32] O Anexo II apresenta as informações obtidas no site da BM&FBOVESPA acerca dos desdobramentos, grupamentos ou bonificações realizadas para as ações contempladas no estudo.

eventos de desdobramentos, grupamentos ou bonificações, no site da BM&FBOVESPA.

Tabela 4-11: VALE -PNA N1 (VALE5.SA)

3 de set de 2007	40,91	42,90	40,70	42,90	7.676.400	42,36
03/09/2007	2: 1 Desdobramento de ações					
27 de ago de 2007	38,80	40,97	37,83	40,60	12.773.900	20,04

Fonte: Yahoo Finance (2012). Disponível em: http://br.finance.yahoo.com/. Acesso em 19/02/2012.

Tabela 4-12: VALE -ON N1 (VALE3.SA)

3 de set de 2007	48,60	50,75	48,35	50,51	2.606.800	49,93
03/09/2007	2: 1 Desdobramento de ações					
27 de ago de 2007	92,50	98,00	89,90	96,98	2.139.000	47,93

Fonte: Yahoo Finance (2012). Disponível em: http://br.finance.yahoo.com/. Acesso em 19/02/2012.

Desta forma, as séries históricas obtidas no Yahoo Finance foram ajustadas. Ressalta-se que no momento em que ocorre um desdobramento ou grupamento não há impacto sobre o valor total da companhia, mas sim sobre o valor de suas ações. Como exemplo, no caso de um desdobramento em que se dobram o número de ações (e para o qual não se observou mudança no valor original apresentado na série histórica), o valor da ação foi multiplicado por dois a partir daquele momento para retornar ao padrão anterior e, no caso de um grupamento, o contrário foi realizado de forma que os valores foram divididos por dois a partir da semana em que o evento ocorreu. No entanto, as informações apresentadas no site da BM&FBOVESPA e do Yahoo Finance não explicavam todas as quebras identificadas ou, em alguns casos, não a explicavam completamente. Desta forma, partiu-se da premissa que as séries precisavam ser corrigidas e que o tratamento indicado anteriormente seria a forma adequada. O mesmo foi realizado para o caso de bonificações, que podem ocorrer na forma de proventos em dinheiro ou em ações (nas quais novas ações são distribuídas gratuitamente para os acionistas). Não foi possível, no entanto, justificar todos os ajustes realizados, o que constitui uma incerteza para as avaliações realizadas na sequência. Dados aberrantes,

por exemplo, no qual o valor da ação em *t* era igual a aproximadamente mil vezes o valor da ação em *t*-1, foram excluídos da série histórica.

Dado o tratamento indicado, as séries passaram a apresentar as características observadas graficamente na Figura 4-7.

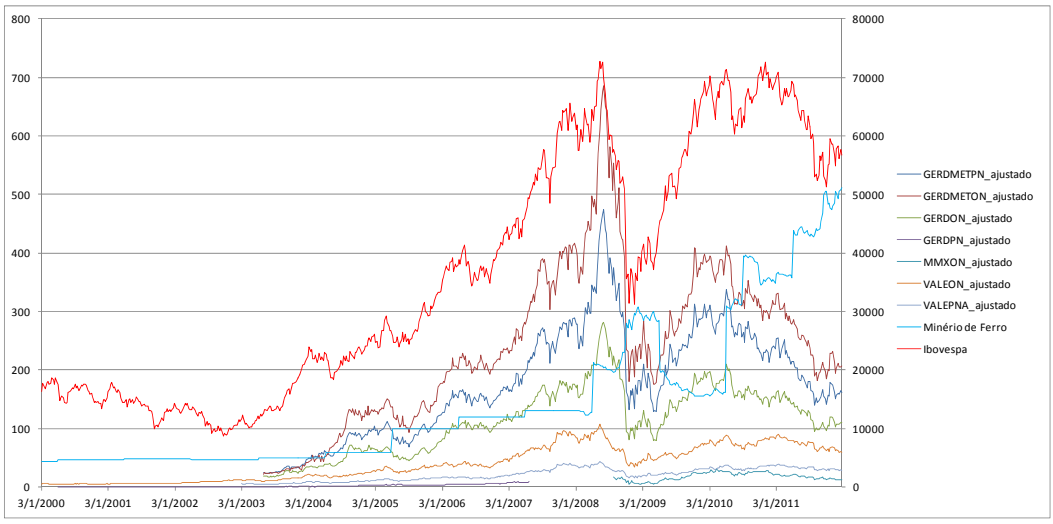


Figura 4-7: séries ajustadas quanto aos desmembramentos, grupamentos e bonificações. Fonte: elaboração própria.

Da Figura 4-7 nota-se uma volatilidade muito diferenciada entre a série histórica de preços do minério de ferro e as ações das empresas ou o Ibovespa. A desagregação semanal dos preços do minério de ferro indica que os preços desta *commodity* costumam variar muito menos do que as ações em períodos curtos de tempo. Observa-se na Figura 4-7 um certo acompanhamento da tendência do Ibovespa por empresas Gerdau. Em função dos ajustes nos preços das ações considerando o valor apresentado na data mais antiga, algumas ações tiveram as séries com preços por ação relativamente baixos, o que impede a visualização de maiores detalhes na Figura 4-7.

Para uma melhor visualização das séries históricas de preço da Vale, MMX e Gerdau (ações preferenciais), apresenta-se a Figura 4-8, tendo como eixo secundário o Ibovespa.

Figura 4-8: séries de preço histórico da Vale, MMX e Gerdau (ações preferenciais) ajustadas quanto aos desmembramentos, grupamentos e bonificações e Ibovespa. Fonte: elaboração própria.

A Figura 4-9 apresenta as séries históricas de preço da Vale, MMX e Gerdau (ações preferenciais), tendo como eixo secundário o preço do minério de ferro.

Figura 4-9: séries de preço histórico da Vale, MMX e Gerdau (ações preferenciais) ajustadas quanto aos desmembramentos, grupamentos e bonificações e preço do minério de ferro. Fonte: elaboração própria.

Da Figura 4-8 e Figura 4-9, pode-se notar que, de forma geral, há alguma similaridade nas tendências de alta e queda do preço das ações com relação ao Ibovespa, mas que há tendências muito distintas entre as séries de preço do minério de ferro e das

ações, principalmente nos períodos próximos ao início de 2009 e final de 2011, quando a tendência de alta ou queda foi oposta entre as séries.

De acordo com Gujarati (2000), preços de ações seguem um caminho aleatório, de forma que são não estacionários. A estacionariedade das séries é necessária para que se possa realizar a regressão e testes pretendidos pelo trabalho, dado que trabalhos empíricos baseados em dados de séries temporais supõem que estas sejam estacionárias (GUJARATI, 2000).

Desta forma, com as séries ajustadas, testou-se a presença de raiz unitária por meio do teste de Dickey-Fuller (D-F), cuja hipótese nula é de que as séries são não estacionárias. A Tabela 4-13 apresenta os resultados dos testes.

Tabela 4-13: Teste de Dickey-Fuller para as séries formadas pelos valores das séries originais ajustados para desdobramentos, grupamentos e bonificações

Série	Nº de observações	Estatística do teste	Valor crítico (1%)	Valor crítico (5%)	Valor crítico (10%)	Resultado
Minério de ferro	625	1,073	-3,430	-2,860	-2,570	Série não estacionária
Ibovespa	625	0,890	-3,430	-2,860	-2,570	Série não estacionária
DummyISEIbovespa	625	-1,014	-3,430	-2,860	-2,570	Série não estacionária
DummyICO2Ibovespa	625	-0,827	-3,430	-2,860	-2,570	Série não estacionária
VALEON	625	-1,266	-3,430	-2,860	-2,570	Série não estacionária
VALEPNA	469	-1,805	-3,422	-2,871	-2,570	Série não estacionária
MMXON	178	-1,518	-3,484	-2,885	-2,572	Série não estacionária
GERDON	452	-1.914	-3.444	-2.872	-2,570	Série não estacionária
GERDMETPN	452	-1.903	-3.444	-2.872	-2.570	Série não estacionária
GERDPN	368	-1.484	-3.451	-2.875	-2.570	Série não estacionária
GERDMETON	452	-1.849	-3.444	-2.872	-2.570	Série não estacionária

Fonte: elaboração própria.

Tendo o vista os resultados apresentado na Tabela 4-13 para o teste de raiz unitária (teste D-F), as séries precisaram ser ajustadas para que se tornassem estacionárias e então aptas para as análises. Para isto, obtiveram-se os valores em log das séries e, na sequencia, a primeira diferença dos valores. O teste D-F foi novamente realizado para averiguar se as séries modificadas eram estacionárias. Os resultados estão dispostos na Tabela 4-14.

Tabela 4-14: Teste de Dickey-Fuller para as séries formadas pela primeira diferença do logaritmo dos valores das séries originais ajustadas para desdobramentos, grupamentos e bonificações

Série	Nº de observações	Estatística do teste	Valor crítico (1%)	Valor crítico (5%)	Valor crítico (10%)	Resultado
dlogMinério de ferro	624	-25,210	-3,430	-2,860	-2,570	Série estacionária
dlogIbovespa	624	-27,780	-3,430	-2,860	-2,570	Série estacionária
dlogDummyISEIbovespa	50	-7,383	-3,580	-2,930	-2,600	Série estacionária
dlogDummyICO2Ibovespa	67	-8,704	-3,556	-2,916	-2,593	Série estacionária
dlogVALEON	624	-27,412	-3,430	-2,860	-2,570	Série estacionária
dlogVALEPNA	468	-38,591	3,433	-2,871	-2,570	Série estacionária
dlogMMXON	177	-16,143	-3,484	-2,885	-2,575	Série estacionária
dlogGERDON	451	-22,250	-3,444	-2,872	-2,570	Série estacionária
dlogGERDMETPN	451	-23,081	-3,444	-2,872	-2,570	Série estacionária
dlogGERDPN	367	-25,629	-3,451	-2,875	-2,570	Série estacionária
dlogGERMETON	451	-25,134	-3,444	-2,872	-2,570	Série estacionária

Fonte: elaboração própria.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 4-14, as séries formadas pela primeira diferença do logaritmo das séries mostraram-se estacionárias e, portanto, aptas para as análises seguintes. O resultado também mostrou que as séries eram integradas de ordem 1, isto é I(1).

Menciona-se que o teste de D-F só é válido se a dinâmica do processo estiver bem especificada e, no caso de haver tendência nas séries, é possível se aplicar o teste D-F específico. Desta forma, o ideal seria averiguar a presença de tendência nas séries,

antes da aplicação do teste D-F, pois os resultados podem ser viesado caso não haja a validação do teste.

De acordo com Gujarati (2000), para séries temporais financeiras, como preço de ações, taxas de inflação, taxas de câmbio, dentre outras, foi observado que a capacidade de se prever seus valores oscila consideravelmente de um período para outro, de forma que para alguns períodos o erro pode ser relativamente pequeno, enquanto para outros, grandes, e depois novamente pequenos. O mesmo autor indica que dita variabilidade poderia advir da volatilidade no mercado financeiro, sensível a rumores, mudanças nas políticas monetárias, convulsões políticas, etc. o que sugere que variância dos erros de previsão não é constante, mas varia de um período para outro (GUJARATI, 2000).

Como o comportamento dos erros de previsão depende do comportamento das perturbações (da regressão) (u_t), pode-se apresentar uma justificativa para a autocorrelação na variância da perturbação (GUJARATI, 2000). Para se capturar essa correlação, utiliza-se o modelo de heterocedasticidade condicional auto-regressiva (*autoregressive conditional heteroskedasticity* - ARCH), cuja ideia-chave é que a variância de u no instante t ($= \sigma_t^2$) depende do tamanho do termo de erro elevado ao quadrado no instante (t-1), ou seja, depende do u^2_{t-1}.

Caso a variância de u_t dependa do quadrado do termo de perturbação do instante anterior, o processo será chamado de ARCH(1), mas este pode ser generalizado - ARCH(p). Uma generalização do modelo ARCH é o modelo GARCH, no qual a variância condicional de u no instante t depende não somente de perturbações ao quadrado passadas, mas também de variâncias condicionais passadas (GUJARATI, 2000). Desta forma, o passo seguinte do estudo consistiu na regressão das séries temporais utilizando o modelo ARCH.

Considerando que o objetivo do trabalho é avaliar a significância estatística dos coeficientes estimadores das variáveis dummies (representando a participação nos índices de sustentabilidade ISE e ICO2), não serão apresentados todos os detalhes das análises considerando o modelo ARCH. O Objetivo foi o de encontrar uma função de regressão não espúria, que pudesse representar a relação da variável dependente com as variáveis independentes, permitindo a análise quanto às variáveis dummies. Ressalta-se

que não se objetiva, com as regressão, realizar previsões, o que justificaria algumas simplificações apresentadas na sequência.

A primeira regressão realizada considerou somente o preço do minério de ferro como variável explicativa para o preço das ações das empresas contempladas na análise. A Tabela 4-15 apresenta os resultados.

Tabela 4-15: Regressões com o preço do minério de ferro, modelo ARCH(1/1), ARIMA(0,0,0)

Ação	Componentes da função (sem o erro)		Comp. var. Cond. de *u*		Autocorrelação dos residuos[1]
	Const.	$b_{MinFerro}$	Const.	β_j	
VALEON	0,0045767 *	-0,0576432 *	0,0020008 *	0,1611299 *	Ausente
VALEPNA	-0,0191521*	2,267028**	0,828373*	0,3801069*	Ausente
MMXON	-0,0062258*	-0,2007527*	0,0054895*	0,6814581*	Ausente
GERDON	0,0051551*	-0,045334*	0,0028229*	0,2386407*	Ausente
GERDPN	0,0049862*	-0,0198477**	0,0282523*	0,4953908*	Ausente
GERDMETPN	0,0057101*	-0,1051572*	0,0029116*	0,2196962*	Ausente
GERDMETON	0,0064093*	-0,10297772*	0,0030539*	0,0712542*	Ausente

[1]De acordo com observações ao correlograma das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial; β_j representa o coeficiente angular do modelo que determina a variância condicional (comportamento ARCH); *Coeficiente significante estatisticamente ao nível de 5%; ** Coeficiente não significante estatisticamente ao nível de 5%. **Fonte: elaboração própria.**

Depreende-se da Tabela 4-15 que, com exceção das ações da VALEPNA e GERDPN, o coeficiente do estimador para a variável explicativa *preço do minério de ferro* é estatisticamente significante. No entanto, para todos os casos em que se mostrou significativo, seu sinal é negativo. No caso de empresas de mineração, não parece haver sentido em o preço de sua ação cair ao passo que o preço de seu principal produto aumenta. Para o caso de empresas do setor siderúrgico, possivelmente poderia ser estabelecida uma lógica com relação ao aumento de seu principal insumo e queda no valor da ação da companhia, mas uma afirmação neste sentido demandaria estudos específicos.

Com relação à componente ARCH do modelo, que busca explicar a variância condicional dos resíduos, à exceção das ações da VALE (no caso das ações preferenciais, somente com relação à constante), mostrou-se significante no que

concerne à constante e ao coeficiente angular. A utilização de séries estacionárias e do modelo ARCH resultou em resíduos não auto-correlacionados e, desta forma, em regressões não espúrias.

Testou-se, na sequência, o Ibovespa como variável explicativa da variação do preço das ações. O resumo dos resultados é apresentado na Tabela 4-16[33].

Tabela 4-16: Regressões com o Ibovespa, modelo ARCH(1/1), ARIMA(0,0,0)

Ação	Componentes da função (sem o erro)		Comp. var. Cond. de *u*		Auto-correlação dos residuos[1]
	Const.	$B_{Ibovespa}$	Const.	β_j	
VALEON	0,0019505*	0,7183951*	0,0013427*	0,1594787*	Ausente
VALEPNA	-0,0199092**	1,446431**	0,8395282*	0,3737367*	Ausente
MMXON	0,0026338*	1,296074*	0,003109*	0,6433742*	Ausente
GERDON	0,0003815*	1,182542*	0,0014034*	0,1479849*	Ausente
GERDPN	-0,0070809*	1,700036*	0,0067993*	3,388779*	Ausente
GERDMETPN	-0,0000372*	1,302821*	0,0012126*	0,0797163*	Ausente
GERDMETON	0,0013553*	1,087582*	0,0019248*	0,2179159*	Ausente

[1]De acordo com observações ao correlograma das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial; β_j representa o coeficiente angular do modelo que determina a variância condicional (comportamento ARCH); *Coeficiente significante estatisticamente ao nível de 5%; ** Coeficiente não significante estatisticamente ao nível de 5%. **Fonte: elaboração própria.**

Da Tabela 4-16 depreende-se que todos os coeficientes estimadores, com exceção da regressão com as ações preferenciais da VALE, apresentaram-se estatisticamente significantes e que nenhuma relação se mostrou espúria. A relação entre o valor das ações das empresas e o Ibovespa, que tem em sua composição algumas das próprias ações relacionadas na tabela (Vale ações ordinárias e preferências, Gerdau ações preferências e Metalúrgica Gerdau ações preferenciais), provavelmente ocorre pelo peso que a variação no valor das ações dessas empresas tem sobre o índice como um todo. Vale, Gerdau e Metalúrgica Gerdau representam, juntas, cerca de 15% da carteira do Ibovespa (BM&FBOVESPA, 2012). Esta constatação se torna interessante para que o Ibovespa entre como uma variável de controle do modelo, para que se faça o teste com relação às dummies, e não exatamente para que se explique a valorização das ações das empresas listadas.

[33] O Anexo III apresenta em detalhes os resultados para os testes realizados

Testou-se, na sequência, a regressão considerando tanto o minério de ferro quanto o Ibovespa como variáveis explicativas. A Tabela 4-17 resume os resultados desses testes[34].

Tabela 4-17: Regressões com o preço do minério de ferro e Ibovespa, modelo ARCH(1/1), ARIMA(0,0,0)

Ação	Componentes da função (sem o erro)			Componente da variância condicional de *u*		Auto-correlação dos resíduos[1]
	Const.	$B_{minferro}$	$B_{ibovespa}$	Const.	β_j	
VALEON	-0,001976*	-0,0083807*	0,7179269*	0,0013436*	-0,1587258*	Ausente
VALEPNA	- 0,0305192*	2,420662**	1,877624**	0,8208872*	0,3855517*	Ausente
MMXON	0,0024753*	0,0223848*	1,303282*	0,0029923*	0,6474067*	Ausente
GERDON	0,0001884*	0,0475839*	1,190872*	0,0013972*	0,149255*	Ausente
GERDPN	- 0,0071462*	0,0736963**	1,700629*	0,006789*	3,387945*	Ausente
GERDMETPN	-0,000215*	0,033633*	1,308911*	0,0012166*	0,0740021*	Ausente
GERDMETON	0,0013531*	0,0002903**	1,087671*	0,001925*	0,2178385*	Ausente

[1]De acordo com observações ao correlograma das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial; β_j representa o coeficiente angular do modelo que determina a variância condicional (comportamento ARCH); *Coeficiente significante estatisticamente ao nível de 5%; ** Coeficiente não significante estatisticamente ao nível de 5%. **Fonte: elaboração própria.**

Os resultados da Tabela 4-17 indicam uma mudança no sinal da variável explicativa minério de ferro para todos os casos, com exceção das ações ordinárias da VALE. No caso da Gerdau (ações ordinárias e preferenciais), o coeficiente do estimador referente à variável minério de ferro mostrou-se não significante. No caso das ações preferenciais da VALE, os coeficientes dos estimadores referentes às variáveis preço do minério de ferro e Ibovespa mostraram-se não significantes.

Com base nos resultados obtidos, foram inseridas as variáveis *dummies* para representar a participação no ISE, ICO2, e período de crise (cuja quebra na série histórica poderia afetar as regressões). Para a composição das regressões, considerou-se como primeira alternativa o caso das regressões incluindo o preço do minério de ferro como variável explicativa e o Ibovespa como variável de controle. Nos casos em que esta combinação apresentou alguma questão não resolvida, tanto pela não significância

[34] O Anexo III apresenta em detalhes os resultados para os testes realizados.

do coeficiente estimador do minério de ferro como pelo sinal negativo desta componente em empresas de mineração, optou-se por utilizar somente o Ibovespa como variável explicativa. No caso específica da VALE (ações preferenciais), onde nenhuma variável independente se mostrou estatisticamente significante, ambas foram inseridas na regressão para o teste.

O teste foi realizado tendo as variáveis dummies inseridas de forma aditiva, o que poderia ter um possível impacto em termos do patamar de preço das ações. A Tabela 4-18 resume os resultados dos testes realizados[35].

[35] O Anexo III apresenta em detalhes os resultados para os testes realizados.

Tabela 4-18: Regressões com o Preço do Minério de Ferro, Ibovespa, e Variáveis Dummies para a participação no ISE, ICO2 e período de crise, modelo ARCH(1/1), ARIMA(0,0,0)

Ação	Componentes da função (sem o erro)						Comp. variância condicional de *u*		Auto-correlação dos resíduos[1]
	Const.	$B_{minferro}$	$B_{ibovespa}$	D_{ISE}	D_{ICO2}	D_{crise}	Const.	β_j	
VALEON	0,0036854*	--	0,7176195*	0,0110353*	0,0089873*	-0,0059409*	0,0013231*	0,168171*	Ausente
VALEPNA	-0,0699098*	0,6588692**	1,480372 *	-1,848283*	0,2786809**	0,8429153*	0,2148452 *	2,297182*	Presente
MMXON	0,0127905*	0,0207795*	1,335079*	--	-0,0194127*	Inconclusivo[2]	0,0026897*	0,7319729*	Ausente
GERDON	0,0016544*	0,0471983*	1,188869*	0,0014067*	--	-0,0057202*	0,0013958*	0,1459519*	Ausente
GERDPN	-0,0075294*	--	1,698324*	0,0076413*	--	Inconclusivo[2]	0,0067626*	3,389847*	Ausente
GERDMETPN	0,0013423*	0,0330614*	1,303893*	0,0026718*	--	Inconclusivo[2]	0,0067725*	3,39081*	Ausente
GERDMETON	0,0047923*	--	1,078026*	0,0004372*	--	-0,0088291*	0,0019202*	0,210176*	Ausente

[1]De acordo com observações ao correlograma das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial; β_j representa o coeficiente angular do modelo que determina a variância condicional (comportamento ARCH); *Coeficiente significante estatisticamente ao nível de 5%; ** Coeficiente não significante estatisticamente ao nível de 5%. [2] O programa estatístico empregado não apresentou resultados concernentes à esta variável, apesar de ter sido inserida na regressão. **Fonte: elaboração própria.**

Da Tabela 4-18, depreende-se que foram obtidas regressões não espúrias para todas as ações contempladas na análise, com exceção do caso das ações preferenciais da VALE, onde o modelo ARCH aparentemente não foi capaz de representar corretamente a variância condicional dos resíduos. Mesmo assim, os resultados com regressões não espúrias tornam possível analisar os coeficientes das variáveis independentes consideradas. Conforme mencionado anteriormente, nos casos em que a variável explicativa minério de ferro mostrou-se não significativa ou com sinal negativo para empresas de mineração, a análise foi feita somente considerando-se o Ibovespa e as variáveis dummies (este foi o caso para as ações da VALE, ordinárias e preferenciais, e da Gerdau, ações preferenciais). Para todos os outros casos considerou-se o preço do minério de ferro como variável explicativa e o Ibovespa como variável de controle da regressão, além das variáveis dummies.

Os coeficientes estimadores da variáveis dummies relacionadas aos índices de sustentabilidade (ISE e ICO2) mostraram-se significantes em todos casos, ao nível de 95% de confiança. Para o ISE, no caso da VALE, o coeficiente apresentou-se com sinal negativo, o que indicaria que a participação no ISE reduziria o preço da ação da VALE. Para todos os outros casos, a participação no ISE estaria associada a um aumento no valor das ações das companhias.

Em contradição, para o ICO2, no caso da VALE o índice apresenta sinal positivo, o que indicaria uma associação com o aumento do preço da ação da empresa, mas, para o caso da MMX, o índice estaria associado a uma redução no valor da companhia.

De qualquer forma, a significância do ISE e do ICO2, com sinal positivo ou negativo, representaria um possível patamar diferenciado de preço das ações dessas empresas, dada a forma aditiva pela qual foi inserido na equação.

Deve-se notar que outros modelos, além do ARCH (1,1) poderiam representar a relação entre as variáveis consideradas. Não se testou, no presente trabalho, modelos diferentes que, por ventura, poderiam resultar em coeficientes estimadores mais eficientes. Adicionalmente, um teste robusto como o de Ljung-Box poderia ser aplicado para se confirmar a ausência de auto-correlação. O viés de seleção, bem como a possível endogeneidade causada pelas variáveis omissas, também devem ser mencionadas no

modelo utilizado. Recomenda-se que futuros estudos busquem contemplar estas questões.

5. Conclusões

Testes realizados com regressões baseadas em funções lineares com dados desagregados mensalmente mostraram-se inválidos tendo em vista a detecção de auto-correlação positiva nos resíduos, o que caracterizou as equações como espúrias. Nestes testes, muitas vezes encontraram-se altos coeficientes de correlação e coeficientes de determinação ajustado entre o preço da ação e o preço do minério de ferro, mas estes resultados podem ser viesados, na medida em que funções de regressão não explicam corretamente a relação entre as variáveis analisadas, de forma que poderiam estar apenas representando uma tendência existente nas séries.

Testes adicionais para tentar contornar a questão da auto-correlação dos resíduos foram realizados, incluindo: teste com função exponencial, polinomial, logarítmica e potência; teste com quebra de períodos para se tentar controlar a influência da crise financeira mundial; teste com defasagem de um período entre as séries do preço da ação e do minério de ferro. Todos os testes mencionados apresentaram como resultado regressões espúrias.

Buscou-se então utilizar dados desagregados semanalmente para todas as séries históricas consideradas. As quebras observadas nas séries históricas dos preços das ações (em função de desdobramento, grupamento ou bonificação de ações) foram ajustadas, o que não havia ocorrido para as regressões anteriores.

Identificou-se, por meio do teste de Dickey-Fuller (D-F), que todas as séries eram não estacionárias, pré-requisito para a realização das regressões. Buscou-se estacionarizar as séries por meio de sua logaritmização e diferenciação em um período. Novamente o teste D-F foi aplicado, confirmando que as novas séries eram estacionárias, o que as tornava aptas para a análise.

Dadas as características associadas às oscilações em séries temporais financeiras, em função da volatilidade do mercado financeiro, o que sugere que a variância dos erros de previsão não é constante (GUJARATI, 2000), testou-se um modelo capaz de lidar com a variância condicional do erro da regressão, de forma que se testaram regressões utilizando o modelo ARCH.

Com base no modelo ARCH, foram realizadas as regressões considerando a variável dependente *preço da ação* e as variáveis explicativas *preço do minério de ferro*, *Ibovespa* (como variável de controle) e as variáveis *dummies* representado a participação no ISE e no ICO2.

Considerando que o presente estudo tem por objetivo avaliar se a participação nos índices ISE e ICO2 apresentam influência sobre o preço das ações das empresas analisadas, por meio da significância estatística dos coeficientes estimadores das variáveis *dummies*, foco foi dado à tarefa de se encontrar regressões não espúrias nas quais as ditas variáveis pudessem ser inseridas e avaliadas acerca de sua significância estatística.

Dessa forma, a Tabela 5-1 resume os resultados obtidos com o modelo ARCH que ajudam a responder a pergunta de investigação:

Há impacto de atividades RSC (de forma ampla e com foco sobre mudanças climáticas) no valor de mercado das ações de companhias de capital aberto??

A Tabela 5-1 apresenta somente o sinal e a significância dos coeficientes estimadores das variáveis *dummies* que representam a participação no ISE e no ICO2, para as regressões não espúrias identificadas. Não são apresentados os outros parâmetros da função de regressão (constante e β das outras variáveis explicativas) ou as componentes da variância condicional de u (constante e β).

Tabela 5-1: Sinal e significância dos coeficientes estimadores das variáveis dummies correspondentes à participação no ISE e no ICO2, inseridas de forma aditiva.

Ação	VALEON	MMXON	GERDON	GERDPN	GERDMETON	GERDMETPN
$\mathbf{D_{ISE}}$	Sinal +	--	Sinal +	Sinal +	Sinal +	Sinal +
	Significante	--	Significante	Significante	Significante	Significante
$\mathbf{D_{ICO2}}$	Sinal +	Sinal -	--	--	--	--
	Significante	Significante	--	--	--	--

Fonte: elaboração própria.

Da Tabela 5-1 depreende-se que os coeficientes estimadores das variáveis *dummies* representando a participação no ISE e no ICO2 apresentam significância estatística. Para todas as ações que integraram o ISE, o sinal do coeficiente estimador da variável *dummy* é positivo. No caso das ações que integram o ICO2, para as ações

ordinárias da MMX o sinal do coeficiente estimador apresentou-se negativo e para o caso das ações ordinárias da Vale apresentou-se positivo.

Em outras palavras, é estatisticamente relevante para o valor das ações das empresas analisadas sua participação no ISE e no ICO2; e, no caso do ISE, a participação ajuda a explicar melhor o aumento do valor das ações. No caso do ICO2 não é possível concluir se o efeito seria de aumento ou redução no preço das ações, tendo em vista os resultados obtidos.

Os resultados permitem concluir que é possível a existência de correlação entre a participação nos índices de sustentabilidade da BM&FBOVESPA, o ISE e o ICO2, e o valor das ações das empresas do setor mínero metalúrgico brasileiro. No caso do ISE, os resultados permitem concluir que esta correlação é positiva. Ressalta-se que é preciso relativizar os resultados e conclusões ao setor, região e bolsa considerados. Desta forma, os resultados da análise seriam restritos ao Brasil, considerando uma bolsa de valores pouco diversificada.

Ressalta-se, no entanto, o problema de variáveis omissas nos modelos analisados, o que leva a endogeneidade, que inviabilizaria a utilização de MQO. A endogeneidade ocorre quando a correlação entre alguma variável explicativa e o erro é diferente de zero (IPECE, 2009).

De acordo com a revisão de literatura realizada no presente estudo, apesar do crescimento de importância de ações ligadas à RSC na estratégia de companhias, não há consenso sobre a relação entre desempenho ambiental e desempenho financeiro. Diferentes autores buscaram investigar a questão por meio de abordagens distintas, como: considerações a respeito da teoria dos *stakeholders*, melhora da imagem e reputação das companhias; redução do risco sistêmico (beta); redução do custo de capital e aumento do valor presente descontado; desagregação do valor da companhia e impacto em seus ativos intangíveis; desempenho de índices financeiros. Estudos de evento, que buscam identificar retornos anômalos associados à entrada e saída de uma companhia em um índice, assim como a comparação da valorização das empresas integrantes dos índices com relação a empresas não integrantes, têm sido outra forma de abordar a questão.

A metodologia empregada no presente estudo é inédita para os casos do ISE e do ICO2, assim como para o setor minero metalúrgico brasileiro. A metodologia foi previamente utilizada para o setor de petróleo e gás por Borba, Rathmann, Szklo e Schaeffer (2010), e consegue superar algumas dificuldades enfrentadas por metodologias como a análise de eventos (na qual há dificuldade em se isolar o evento em questão: adesão ou desvinculação de um índice de sustentabilidade, ou o fato de se utilizar amostras pequenas), ou quando se compara a rentabilidade média do índice de sustentabilidade com relação a outros índices (que poderiam ser compostos por empresas de porte ou segmento diferente).

Uma premissa básica do trabalho, e da metodologia, relacionava o preço da ação destas empresas a uma *commodity* principal, que seria seu principal insumo ou produto, o minério de ferro. Esta premissa, no entanto, não se sustentou no presente estudo na medida em que, para metade das regressões válidas, o coeficiente estimador para o preço do minério de ferro se mostrou não significativo. Pôde-se observar que o comportamento da série histórica do preço do minério de ferro se diferenciava muito do comportamento das séries históricas do preço de ações, de forma que a primeira apresenta uma volatilidade muito menor. Um dos motivos para isso pode ser o fato de, com relação ao minério de ferro, predominar a negociação bilateral à negociação em bolsas. Desta forma, o presente trabalho conclui que o valor do minério de ferro não seria a melhor variável explicativa na regressão com relação ao preço das ações de empresas do setor mínero-metalúrgico no Brasil.

Considerando que o ISE é composto por ações de empresas que demonstram, de acordo com as regras do índice, melhor posicionamento em cinco dimensões específicas com peso igual (geral; natureza do produto; governança corporativa; econômico-financeira, ambiental e social; mudanças climáticas), não se pode atribuir exclusivamente à gestão de emissões de GEE o status *premium* das companhias integrantes do índice, assim como da melhor explicação de sua valorização. No entanto, deve-se destacar o aumento de importância que o tema teve ao longo do tempo, sendo tão importante quanto às demais dimensões para a composição da carteira do índice.

Com relação ao ICO2, deve-se notar que a possível influência poderia advir do fato de uma empresa integrar o índice, mas também da evolução de sua participação, já

que o índice será reajustado para dar mais peso às empresas mais eficientes em termos de emissões de GEE por receita gerada. Com o passar do tempo, e com novos balanceamentos da carteira, será possível avaliar esta questão. Isto tornará particularmente interessante à análise do impacto específico de ações ligadas à gestão de emissões de GEE, o que é hoje muito difícil e pode ser notado, como no caso do CDP, de forma um pouco tendenciosa.

Não obstante, conclui-se que, dentro de um contexto onde RSC ganha cada vez mais importância, o tema mudança do clima passa a ter mais atenção dentro das empresas e passa a ser mais importante dentro da governança privada de questões ambientais. Desta forma, explicita-se um relevante *driver* (i.e. motivador) para que empresas se preocupem em ter uma governança ativa em temas ligados à gestão de emissões, assim como visível aos acionistas, dado que isso pode aumentar seu valor.

Empresas que busquem gerir suas emissões de GEE deverão estar mais preparadas para lidar com os riscos que devem se apresentar de forma cada evidente.

- Regulações, que podem definir um limite de emissões, pagamento de multas caso as metas mandatórias de redução não sejam alcançadas, ou a criação de impostos específicos,
- Mudanças nas preferências do consumidor, ao passo que os consumidores deverão priorizar produtos menos impactantes,
- Perda de reputação ou perda do valor da marca, com consequente impacto na competitividade da companhia por uma perda da fatia de mercado, menor acesso a fontes de capital e aumento do custo de alavancagem.

Todos os potenciais riscos podem ser traduzidos em riscos financeiros, com possível aumento de custos de operação, de financiamentos ou pelo pagamento de taxas de carbono, que por sua vez terão reflexo sobre os resultados e sobre o valor da companhia.

Ao mesmo tempo, oportunidades se apresentam às empresas que de maneira pró-ativa busquem a liderança em termos de gestão de emissões de GEE. Considera-se que empresas sustentáveis geram valor para o acionista no longo prazo, por estarem mais preparadas para enfrentar riscos econômicos, sociais e ambientais

(BM&FBOVESPA, 2011) e que, no longo prazo, as empresas sustentáveis apresentam resultados mais previsíveis. Tal hipótese levaria investidores a procurá-las não por melhor desempenho, que é sempre temporário, mas por um crescimento acima de média no qual se pode confiar (KNOEPFEL, 2001).

A excelência em gestão de emissões de GEE, *certificada* pela inclusão das companhias em índices de sustentabilidade, tem o potencial de aumentar a sua reputação. Isto permitiria às companhias aproveitar as oportunidades que surgem em ambiente de negócios que considera cada vez mais questões associadas à mudança do clima. A maior facilidade a crédito, acesso a programas de financiamento diferenciados ou a geração de novas receitas (pela agregar de valor intangível aos produtos), são alguns exemplos destas oportunidades.

Conclui-se que as atividades associadas à Responsabilidade Social Corporativa apresentam impacto no valor de mercado das companhias do setor minero metalúrgico brasileiro e que, dentro deste contexto, a gestão de emissões de GEE tem relevância. Não foi possível, no entanto, isolar as ações associadas exclusivamente à gestão de emissões de GEE na análise, tendo em vista os resultados divergentes obtidos com a análise do ICO2 e o fato de o ISE ter como critérios de seleção da carteira outros quesitos (ditos dimensões) além do associado ao tema mudança do clima.

O modelo ARCH foi capaz de gerar regressões não espúrias nas quais o impacto de se participar do ISE apresentou-se como positivo para o valor das ações VALE (ordinárias), Gerdau (ordinárias e preferências) e Metalúrgica Gerdau (ordinárias e preferências). O mesmo modelo apresentou resultados opostos no caso do ICO2, para ações da VALE (ordinárias) e MMX (ordinárias), indicando um possível aumento do valor das ações no primeiro caso e redução do valor no segundo.

Recomenda-se, que se estudem indicadores financeiros (por exemplo: liquidez das ações, endividamento, resultados operacionais, investimentos) das empresas consideradas, para que a definição do modelo de análise e escolha das variáveis explicativas possa levar outros aspectos em consideração para a composição do preço da ação. Isto buscaria contemplar a questão de variáveis omissas e endogeneidade, presente nas análises deste estudo.

Recomenda-se, também, que futuros estudos busquem obter séries históricas já ajustadas para possíveis quebras (por desdobramentos, grupamentos ou bonificações de ações), que se identifiquem outras variáveis explicativas relevantes para o preço da ação das empresas analisadas e que uma rotina formal completa de testes estatísticos seja empregada para validar os resultados apresentados. Por exemplo, o Teste de Chow poderia ser empregada para a avaliação e comprovação da presença ou ausência de quebras estruturais nas séries históricas.

Adicionalmente, recomenda-se que uma análise de volatilidade seja realizada para comparar a influência da participação nos índices de sustentabilidade na volatilidade do preço das ações das companhias analisadas.

A medida de volatilidade da ação de determinada empresa relativa à volatilidade do mercado em geral representa o risco sistêmico de uma companhia, sendo conhecida como 'Beta' (SOYKA & FELDMAN, 1998). A medida de volatilidade dos retornos de um título com relação aos retornos do mercado como um todo pode ser calculada de acordo com Borba, Rathmann, Szklo e Schaeffer (2010), considerando a covariância do retorno do ativo *i* com relação ao retorno do mercado, sobre a variância entre os retornos do ativo *i* e a carteira de mercado. Essa análise permitiria a obtenção de evidências acerca de um possível 'amortecimento' na variação dos retornos do grupo de empresas analisadas, quando integrantes de um índice de sustentabilidade, o que as tornaria menos suscetíveis às oscilações do mercado.

Por fim, recomenda-se que a metodologia empregada no presente estudo (acrescida de testes robustos que validem o modelo) e a análise de volatilidade sejam empregadas em outros setores e outros índices de sustentabilidade.

6. Referências

ANEEL, 2008. Agência Nacional de Energia Elétrica – Superintendência Regulação Econômica. Nota Técnica n.º 292/2008-SRE/ANEEL: Metodologia de Análise de Projeção de Mercado. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/cedoc/nren2008338_292.pdf. Acesso em 03/02/2012.

Arouri, M.E.H., Nguyen, D.K., 2010. Oil prices, stock markets and portfolio investment: Evidence from sector analysis in Europe over the last decade. Energy Policy, 38, 4528–4539.

Barros, M., 2010. Econometria. Escola Nacional de Ciências Estatísticas. Disponível em: http://www.mbarros.com/documentos/upload/Capitulo%2012%20Gujarati%20Resumo%20parte%202.pdf.

Beato; R. S., Souza, M. T. S.; Parisotto, I. R. S. 2009. RENTABILIDADE DOS ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL EM BOLSAS DE VALORES: UM ESTUDO DO ISE/BOVESPA. Revista de Administração e Inovação, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 108-127, set./dez. 2009.

BM&FBOVESPA, 2010. Lançamento do Índice Carbono Eficiente e Apresentação da 1ª Carteira.

BM&FBOVESPA, 2011. Composição da Carteira do Índice Carbono Eficiente em 21/12/2022. Disponível em: http://www.bmfbovespa.com.br/indices/ResumoCarteiraTeorica.aspx?Indice=ICO2&idioma=pt-br. Acesso em 21/11/2011.

BM&FBOVESPA, 2011. Índice Brasil 50 - IBrX-50. Disponível em http://www.bmfbovespa.com.br/indices/ResumoIndice.aspx?Indice=IBrX50&idioma=pt-br. Acesso em: 22/12/2011.

BM&FBOVESPA, 2011. Índice Carbono Eficiente – ICO2. Disponível em: http://www.bmfbovespa.com.br/indices/ResumoIndice.aspx?Indice=ICO2&Opcao=0&idioma=pt-br. Acesso em: 20/12/2011.

BM&FBOVESPA, 2011. Índice de Sustentabilidade Empresarial – ISE. Disponível em:

http://www.bmfbovespa.com.br/indices/ResumoIndice.aspx?Indice=ISE&Idioma=pt-BR. Acesso em 20/12/2011.

BM&FBOVESPA, 2012. Índice de Sustentabilidade Empresarial. Disponível em: http://www.bmfbovespa.com.br/Pdf/Indices/ResumoISENovo.pdf. Acesso em 04/02/2012.

BORBA, B.; RATHMANN, R.; SZKLO, A. S. ; SCHAEFFER, R., 2010. A Presença de Empresas de Petróleo no Dow Jones Sustainability Index (djsi) Influencia o Seu Valor de Mercado?. In: Rio Oil and Gas Conference, 2010, Rio de Janeiro. Rio Oil and Gas Conference, 2010. Disponível em: http://dc195.4shared.com/doc/iXYM8gGG/preview.html. Acesso em: 21/01/2012.

Borba, P. R. F., 2005. RELAÇÃO ENTRE DESEMPENHO SOCIAL CORPORATIVO E DESEMPENHO FINANCEIRO DE EMPRESAS NO BRASIL. Dissertação apresentada ao Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito para a obtenção do título de Mestre em Administração. Orientador: Prof. Dr. Rubens Famá. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-17082005-155828/pt-br.php. Acesso em: 04/02/2012.

Carbon Disclosure Project, 2010. Relatório 2010 – Brasil. Disponível em: http://www.jbs.com.br/_doc/CDP_2010_Relatorio_Brasil_Completo.pdf. Acesso em: 09/01/2012

Carbon Disclosure Project, 2011. CDP Global 500 Report 2011 - Accelerating Low Carbon Growth. Disponível em: http://www.cdproject.net. Acesso em: 01/12/2011.

Cavalcante, L. R. M. T.; Bruni, A. L.; Costa, F. J. M., 2009. SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL E VALOR DAS AÇÕES: UMA ANÁLISE NA BOLSA DE VALORES DE SÃO PAULO. Revista de Gestão Social e Ambiental. Jan. – Abr. 2009, V.3, Nº.1, p. 70-86. Disponível em: http://www.revistargsa.org/ojs/index.php/rgsa/article/view/118. Acesso em: 04/02/2012.

Ceres, 2010. Climate Change Risk Perception and Management: A Survey of Risk Managers. Disponível em: http://www.ceres.org/resources/reports/risk-manager-survey/view. Acesso em: 10/11/2011.

Ceretta, P. S.; Barba, F. G.; Casarin, F.; Kruel, M.; Milani, B., 2009. DESEMPENHO FINANCEIRO E A QUESTÃO DOS INVESTIMENTOS SÓCIO-AMBIENTAIS. Revista de Gestão Social e Ambiental. Set.- Dez. 2009, V.3, Nº.3, p.72-84.

Cerin, P., Dobers, P., 2001.WHAT DOES THE PERFORMANCE OF THE DOW JONES SUSTAINABILITY GROUP INDEX TELL US? Eco-Management and Auditing, 8, 123–133.

Chakarova, Y., Karlsson, J., 2007. Does Corporate Social Responsibility Pay Off? Advanced Level Thesis. School of Business, Economics and Law at Göteborg University. Disponível em: https://gupea.ub.gu.se/dspace/bitstream/2077/9911/1/0708.7.pdf. Acesso em: 15/12/2011.

CNI, 2011. Confederação Nacional da Indústria. Estratégias Corporativas de Baixo Carbono: Gestão de Riscos e Oportunidades. Disponível em: http://www.cni.org.br/portal/data/pages/FF808081314EB36201314F2229A96EA1.htm. Acesso em: 11/10/2011.

Consolandi, C., Jaiswal-Dale, A., Poggiani, E., Vercelli, A., 2009. Global Standards and Ethical Stock Indexes: The Case of the Dow Jones Sustainability Stoxx Index. Journal of Business Ethics (2009) 87:185–197. Disponível em: http://www.springerlink.com/content/ml03454724070790/fulltext.pdf. Acesso em 19/12/2011.

Corrar, L. J. et al., 2010. Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração. Editora Atlas.

Costa, S. F., Boente, D. R., 2011. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ECONÔMICO-FINANCEIRA DAS EMPRESAS INTEGRANTES DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL POR MEIO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS. REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL. UFRN – Natal-RN. v. 3. n. 2, p. 75 – 99, jul./dez. 2011.

Curran, M. M., Moran, D., 2007. Impact of the FTSE4Good Index on firm price: An event study. Journal of Environmental Management 82 (2007) 529–537. Disponível

em: http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/noticias/2010/download/apresentacao-do-lancamento-do-ICO2-01122010.pdf. Acesso em: 10/01/2012;

Engle, R.F., 1982, Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of U.K. inflation. Econométrica, v. 50, p. 987-1008. Disponível em: http://faculty.chicagobooth.edu/jeffrey.russell/teaching/finecon/readings/EngleARCH.pdf. Acesso em: 19/02/2012.

Figueiredo , G. N., Abreu, R. L., Las Casas, A. L., 2009. REFLEXOS DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL (ISE) NA IMAGEM DAS EMPRESAS: UMA ANÁLISE DO PAPEL DO CONSUMIDOR CONSCIENTE E DO MARKETING AMBIENTAL. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Administração – FEA. v. 24, n. 1 (2009). Disponível em: http://revistas.pucsp.br/index.php/pensamentorealidade/article/view/7073. Acesso em: 04/02/2012.

FTSE, 2011. FTSE4GOOD. 10 years of impact and investment. Disponível em: http://www.ftse.com/Indices/FTSE4Good_Index_Series/Downloads/FTSE4Good_10_Year_Report.pdf. Acesso em 09/10/2011.

FTSE, 2012. FTSE4Good 10 Year Report. Disponível em: http://www.ftse.com/Indices/FTSE4Good_Index_Series/Downloads/FTSE4Good_10_Year_Report.pdf. Acesso em 04/02/2012.

Gallon, A. V., Ensslin, S. R., 2007. GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL: ANÁLISE DE CLUSTER DA EVIDENCIAÇÃO DAS EMPRESAS QUE COMPÕEM O ISE. XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outurbro de 2007.

Global Reporting Initiative (GRI). 2006. Diretrizes para Relatório de Sustentabilidade (G3). São Paulo. Disponível em http://www.globalreporting.org/NR/rdonlyres/4855C490-A872-4934-9E0B-8C2502622576/5288/DiretrizesG3.pdf

Gujarati, D. N., 2005. Econometria Básica. Editora Parson Makron Books.

Henriques Jr, M. F., 2010. Potencial de Redução de Emissão de Gases de Efeito Estufa pelo Uso de Energia no Setor Industrial Brasileiro. Tese de Doutorado

apresentada ao Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, para obtenção do título de Doutor em Ciências do Planejamento Energético. 313p. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/mauricio_junior.pdf. Acesso em 21/01/2012.

IBGE, 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. O índice: visão teórica. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/sinapi/indice.shtm.

International Finance Corporation, 2006. Princípios do Equador. S/l. Disponível em: http://www.equator-principles.com/index.php/about-ep/about. Acesso em: 09/10/2011.

International Finance Corporation, 2010. Política e Padrões de Desempenho de Sustentabilidade Social e Ambiental. S/l. Disponível em http://www.ifc.org/ifcext/policyreview.nsf/AttachmentsByTitle/Phase2_PS3_Portuguese_clean/$FILE/PS3+clean+Portuguese.pdf.

IPCC, 2007. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J.M. Gregory, G.C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B.J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T.F. Stocker, P. Whetton, R.A. Wood and D. Wratt, 2007: Technical Summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponível em: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-ts.pdf. Acesso em: 10/10/2011.

IPECE, 2009. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Nota Técnica Nº 37. Uma Breve Discussão Sobre os Modelos Com Dados em Painel.

ISE, 2012. Índice de Sustentabilidade Empresarial. Metodologia – Critérios & Pesos. Disponível em: http://186.202.61.48/ise/site/arquivos/2/Dimensoes.pdf. Acesso em 09/01/2012.

ISE, 2012. Índice de Sustentabilidade Empresarial. Metodologia. Disponível em: http://www.isebvmf.com.br/index.php?r=site/conteudo&id=9. Acesso em 09/01/2012.

Jensen, M.C., 1968. "The Performance of Mutual Funds in the Period 1945-1964," Journal of Finance 23, 1968, pp. 389-416. Disponível em: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=244153. Acesso em 20/02/2012.

Knoepfel, I., 2001. Dow Jones Sustainability Group Index: A Global Benchmark for Corporate Sustainability. Corporate Environmental Strategy, Vol. 8, 6 Iss. 1.

Konar, S., Cohen, M. A. 2001. Does the Market Value Environmental Performance? The Review of Economics and Statistics, May 2001, 83(2): 281–289. Massachusetts Institute of Technology Press Journals.

LUZ, S. G., 2009. EMPRESAS PARTICIPANTES DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL E SEUS DESEMPENHOS FINANCEIROS: UMA ANÁLISE NOS MERCADOS BRASILEIRO E NORTE- AMERICANO. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ADMINISTRAÇÃO. Ibmec Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.ibmecrj.br/sub/RJ/files/dissert_mestrado/ADM_sandroluz_abr.pdf. Acesso em 04/02/2012.

Machado, M. R., Machado, M. A. V., 2008. Retorno Acionário e Adesão ao Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bovespa: Um Estudo de Eventos. XXXII Encontro Nacional da ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO – ANPAD. Rio de Janeiro, 6 a 10 de setembro de 2010. Disponível em: http://pt.scribd.com/doc/55190143/Con-a-674. Acesso em: 21/12/2011.

Machado, M. R., Machado, M. A. V., Corrar, J. L., 2008. XI SEMEAD. Desempenho do Índice de Sustentabilidade Empresarial-(ise) da Bolsa de Valores de São Paulo. Disponível em: http://www.ead.fea.usp.br/semead/11semead/resultado/an_resumo.asp?cod_trabalho=343. Acesso em: 15/12/2011.

Mcwilliams, A.; Siegel, D. S., 2011. Creating and Capturing Value: Strategic Corporate Social Responsibility, Resource-Based Theory, and Sustainable Competitive Advantage. Journal of Management, Vol. 37 No. 5, September 2011.

Mencarini, E. S., Amato Neto, J., 2008. Avaliando o desempenho do Índice de Sustentabilidade Empresarial e as implicações da sustentabilidade para o setor privado. Disponível em: http://sistemas-producao.net/redecoop/images/pdf/prodsust/fcav-amato-2008.pdf. Acesso em: 04/02/2012.

Porter, M., Kramer, M. R., 2006. The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility. Harvard Business Review, December 2006.

Revista Página 22, 2011. Carteira do ISE 2012 é lançada com abertura de informações sobre metodologia. 28.11.2011. Disponível em: http://pagina22.com.br/index.php/2011/11/carteira-do-ise-2012-e-lancada-com-abertura-de-informacoes-sobre-metodologia/. Acesso em: 09/01/2012.

Rezende, I. A. C., Nunes, J. G., Portela, S. S., 2008. Um estudo sobre o desempenho financeiro do índice bovespa de sustentabilidade empresarial. Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade, Vol. 2, n.º 4, Art. 4, pp. 93-122, Dez 2007/Mar 2008. 2008. Disponível em: http://www.fucape.br/_admin/upload/prod_cientifica/REPEC%20-%20Idalia-Julyana-Simone.pdf. Acesso em: 18/12/2011.

Rezende, I. A. C., Nunes, J. G., Portela, S. S., 2008. Um estudo sobre o desempenho financeiro do índice bovespa de sustentabilidade empresarial. Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade (REPeC), Vol. 2, No 1 (2008). Disponível em: http://www.repec.org.br/index.php/repec/article/viewArticle/22. Acesso em 16/12/2011.

Sanvicente, A. Z., Sanches, F. A. M., 2002. Viés de seleção na análise de desempenho de ações no mercado brasileiro. Revista de Administração, São Paulo v.37, n.2, p.38-45, abril/junho 2002.

Scholtens, B., Boersen, A., 2011, Stocks and energy shocks: The impact of energy accidents on stock market value, Energy 36(2011), 1698-1702.

Silva, J. O., Rocha, I., Wienhage, P., Rausch, R. B., 2009. Gestão Ambiental: uma Análise da Evidenciação das Empresas que compõem o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE). RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental. Set.- Dez. 2009, V.3, Nº.3, p. 56-71 Disponível em: http://www.revistargsa.org/ojs/index.php/rgsa/article/viewFile/176/77. Acesso em: 04/02/2012.

Social Funds, 2012. Disponível em http://www.socialfunds.com/. Acesso em: 15/12/2011.

Soyka, P., Feldman, S. J., 1998, Capturing the Business Value of EH&S Excellence. Corporate Environmental Strategy 5 (1998), p.61-68.

Standard & Poor's, 2012. S&P/IFCI Carbon Efficient Index Methodology. Disponível em: http://www2.standardandpoors.com/spf/pdf/index/SP_Carbon_Efficient_Index_Methodology_Web.pdf. Acesso em: 12/02/2012.

UN, 2011. Principles for Responsible Investment. Disponível em: http://www.unpri.org/. Acesso em: 15/12/2011

UNEP, UN Global Compact, 2011. Annual Report of the PRI Initiative 2011. Principles for Responsible Investment. Disponível em: http://www.unpri.org/publications/annual_report2011.pdf. Acesso em: 09/12/2011.

Varga, G. 2001. Revista de Administração Contemporânea. vol.5 no.3 Curitiba Sept./Dec. 2001, Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-65552001000300011&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em 20/02/2012.

Wajnberg, D., Lemme, C. F., 2009. EXAME DA DIVULGAÇÃO DO RELACIONAMENTO ENTRE INICIATIVAS SOCIOAMBIENTAIS E DESEMPENHO FINANCEIRO CORPORATIVO NOS BANCOS BRASILEIROS. Revista de Gestão Social e Ambiental. Jan. – Abr. 2009, V.3, Nº.1, p.53-69.

7. Anexo I: Revisão Acerca de Regressão

A revisão apresentada no Anexo I não pretende ser exaustiva ou completa sobre o tema regressão. São resumidos neste Anexo alguns aspectos considerados básicos pelo autor para o entendimento do problema colocado para o presente trabalho. Para informações completas ou mais detalhadas a respeito dos tópicos abordados, recomenda-se observar a literatura de referência.

Regressão Linear Simples

As técnicas de regressão e correlação compreendem as análises de dados amostrais para obter informações sobre se duas ou mais variáveis são relacionadas e qual a natureza deste relacionamento (CORRAR, L. J. et al., 2010)

A análise de regressão consiste em determinar uma função matemática que busca descrever o comportamento de determinada variável dependente em função dos valores de uma ou mais variáveis independentes (CORRAR, L. J. et al., 2010), também chamadas de variáveis explicativas. A análise de correlação busca medir a força ou o grau de relacionamento entre variáveis (CORRAR, L. J. et al., 2010).

Pode-se analisar visualmente o comportamento de variáveis através de um diagrama de dispersão – gráfico bidimensional, onde cada ponto é plotado dos valores das coordenadas X e Y. Se o comportamento entre as variáveis tende a uma relação linear, passo seguinte consiste em buscar determinar a respectiva equação de regressão linear simples.

Toda reta pode ser representada pela seguinte expressão matemática: $y = a + bx$, sendo x e y as variáveis e a e b seus respectivos coeficientes. O coeficiente a representa o ponto em que a reta de regressão intercepta o eixo vertical Y – o que ocorre quando X é igual a zero. O coeficiente b representa a variação de y por unidade de x.

Tem-se um modelo de regressão linear simples quando uma relação linear entre duas variáveis *x* e *y* pode ser satisfatoriamente definida por:

Equação 7-1: y = a + b.x + u

Onde:

y: Variável dependente

x: Variável independente

b: Coeficiente angular

a: Coeficiente linear

u: Erro aleatório na população

Para cada valor de *x*, podem existir um ou mais valores de *y* (observados) na amostra, ao passo que para cada valor de *x*, haverá somente um *y* pertencente à reta de regressão, que se denomina projetado ou estimado ŷ. A diferença entre *y* e ŷ é denominada resíduo ou desvio (*u*), *u*=|*y* - ŷ).

O objetivo da análise será o de se obter a reta que melhor se ajuste aos dados observados. É necessário se estimar os coeficientes *a* e *b*, e para isto o método mais usual é o método dos mínimos quadrados (CORRAR, L. J. et al., 2010), que parte do principio que a reta que melhor se ajusta aos dados é aquela para a qual as diferenças entre valores observados e projetados são as menores possível. A reta deve ser de tal forma que a soma dos resíduos $\sum u = \sum |y - \widehat{y}|$ seja mínima.

Tendo em vista que o resíduo pode ser negativo ou positivo, o que tornaria a soma sempre igual a zero, utiliza-se a soma dos desvios elevados ao quadrado.

Equação 7-2: $\sum \boldsymbol{u} = \sum |\boldsymbol{y} - \widehat{\boldsymbol{y}}|$

Equação 7-3: $\sum \boldsymbol{u}^2 = \sum(\boldsymbol{y} - \boldsymbol{a} - \boldsymbol{b}.\boldsymbol{x})^2$

Para a obtenção dos valores dos coeficientes *a* e *b*, utiliza-se o cálculo diferencial, aplicando-se a Equação 7-4. Obtêm-se antes os valores de *b*, para depois obterem-se os valores de *a*.

Equação 7-4: $\boldsymbol{b} = \frac{\boldsymbol{n}(\sum \boldsymbol{xy})-(\sum \boldsymbol{x})(\sum \boldsymbol{y})}{\boldsymbol{n}(\sum \boldsymbol{x}^2)-(\sum \boldsymbol{x})^2}$

Equação 7-5: $\boldsymbol{a} = \frac{\sum \boldsymbol{y}-\boldsymbol{b}\sum \boldsymbol{x}}{\boldsymbol{n}}$

Determina-se, então, a equação de regressão para cada caso a ser considerado.

Teste de hipótese e intervalo de confiança

Os pares de valores (x e y) estão dispersos em relação à reta estimadas, pois, *inter allia*, existem inúmeras outras variáveis externas não consideradas no modelo que influenciam y. Desta forma, torna-se necessário explicar o relacionamento entre as variáveis x e y (CORRAR, L. J. et al., 2010). Assim, faz-se necessário verificar se as estimativas são suficientes para explicar o relacionamento entre as variáveis x e y.

O erro padrão da estimativa (S_e) é uma medida que avalia o grau de precisão da reta de regressão e é cálculado de acordo com a Equação 7-6:

Equação 7-6: $\boldsymbol{S_e} = \sqrt{\frac{(\boldsymbol{y}-\hat{\boldsymbol{y}})^2}{\boldsymbol{n}-2}}$

Onde:

S_e: Erro padrão da estimativa

y: Valor observado da variável dependente

ŷ: Valor estimado da variável dependente

n: Número de observações

A Equação 7-6 pode ser apresentada da seguinte forma, substituindo **ŷ**=a+bx.

Equação 7-7: $\mathbf{S_e} = \sqrt{\frac{\sum \mathbf{y}^2-\mathbf{a}\sum \mathbf{y}-\mathbf{b}\sum \mathbf{xy}}{\mathbf{n}-2}}$

O resultado deverá ser interpretado na mesma unidade de da variável dependente y, e será relevante para que se elabore um intervalo de confiança e se analise se a relação entre as variáveis é significativa.

Além do erro padrão da estimativa, há também o erro padrão do coeficiente linear (S_a) e o erro padrão do coeficiente angular (S_b).

O S_a indica aproximadamente a distância entre o coeficiente a e o coeficiente linear populacional A, em função da dispersão dos dados amostrais, de forma que quanto menor for S_a, melhor será a precisão da estimativa a.

$$\textbf{Equação 7-8: } \mathbf{S_a = S_e\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{S_{xx}}}}$$

Onde:

S_a: Erro padrão do coeficiente linear

$\bar{x}$: Média da variável dependente (x)

n: Número de observações

$$\textbf{Equação 7-9: } \mathbf{S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

O S_b é a medida aproximada da distancia entre a estimativa b e o coeficiente populacional B.

$$\textbf{Equação 7-10: } \mathbf{S_b = \frac{S_e}{\sqrt{S_{xx}}}}$$

Para que se possa verificar se as variáveis na população são de fato relacionadas, deve-se testar as seguintes hipóteses, com relação ao coeficiente angular (B):

H_0:B = 0 (hipótese nula);

H_1:B $\neq$ 0.

Para se testar as hipóteses, deve-se definir um intervalo de confiança para o coeficiente angular B.

$$\textbf{Equação 7-11} \mathbf{b - t \times S_b \leq B \leq b + t \times S_b}$$

Onde:

b: Estimativa do coeficiente angular B

t: Valor crítico

S_b: Erro padrão do coeficiente angular b

Se o intervalo de confiança incluir o zero, não se pode rejeitar a hipótese nula. Caso o intervalo definido não inclua o zero, rejeita-se a hipótese nula e admiti-se, com risco de erro conhecido, que há relação significativa entre as variáveis. O grau de confiança será estabelecido em 95% e o valor do t crítico é obtido da tabela da distribuição de t (de Student).

Os parâmetros necessários para esta avaliação são:

- Valor de nível de confiança α, igua a 5%;
- Número de graus de liberdade, obtido pela expressaõ $n - k$ (número de observações – número de variáveis).

Outra forma de se avaliar a hipótese nula (B=0) é analisar a significância do coeficiente de regressão. Para isto deve-se comparar, em termos relativos, o valor da estimativa b com seu desvio padrão S_b.

Equação 7-12: $\mathbf{t = \frac{b-B}{S_b}}$

Onde:

t Valor de t

b: Estimativa do coeficiente angular B

B Coeficiente angular da população

S_b Erro padrão do coeficiente angular b

De forma que na hipótese nula B=0 a equação resulta em:

Equação 7-13: $\mathbf{t = \frac{b}{S_b}}$

O valor de t (Student) pode ser interpretado como o número de desvios padrões que o estimador b dista do ponto zero, de forma que quanto maior for esta "distância", maior será a chance de que B seja diferente de zero (CORRAR, L. J. et al., 2010). Esta "distância" calculada necessita de um parâmetro de comparação, para que se possa aceitar ou rejeitar H_0 a determinado nível de confiança. O valor de t crítico deverá ser utilizado para esta comparação.

A Figura 7-1 apresenta as regiões de aceitação e de rejeição para H_0. As áreas hachuradas indicam as regiões de rejeição de H_0 e a área em branco de aceitação de H_0.

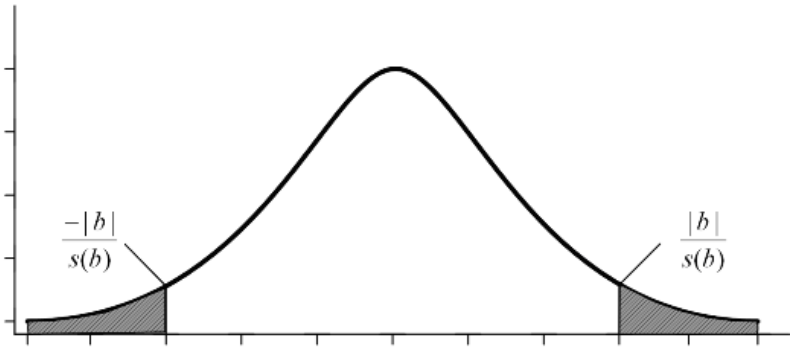


Figura 7-1: Regiões de aceitação e de rejeição para H0

Fonte: Adaptado de PortalAction, 2011[36]

Desta forma, se o teste se situar no intervalo de – t crítico a + t crítico, aceita-se a hipótese nula, com risco α. Se o t_{teste} se situar fora do intervalo mencionado, rejeita-se a hipótese nula (CORRAR, L. J. et al., 2010).

Pode-se utilizar também o Valor *P* para testar a hipótese nula (B = 0), que corresponde à probabilidade de se obter uma estatística teste de valor igual ou superior ao t_{teste} calculado com os dados amostrais. Esta probabilidade deve ser comparada com o nível de significância α para que se decida pela rejeição ou não da hipótese nula (CORRAR, L. J. et al., 2010).

Para decidir se aceita-se ou rejeita-se H_0, deve-se considerar:

- Se o Valor P é menor ou igual a α, rejeita-se a hipótese nula;
- Se o Valor P é maior que α, aceita-se a hipótese nula(CORRAR, L. J. et al., 2010).

O teste que utiliza o Valor *P* sempre proporciona a mesma conclusão do teste *t* (CORRAR, L. J. et al., 2010).

[36] Disponível em: http://portalaction.com.br/content/23-tend%C3%AAncia-e-linearidade. Acesso em 22/10/2011

Covariância e coeficiente de correlação

A variância é dada pela Equação 7-14.

$$\textbf{Equação 7-14: } s^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}$$

O desvio padrão é dado pela raiz quadrada da variância.

O desvio padrão e a variância representam somente a variabilidade de variáveis tomadas individualmente. Para se medir a força do relacionamento entre duas variáveis em conjunto, é necessário utilizar a Covariância e o Coeficiente de Correlação.

Estas medidas estatísticas representam maneiras de medir se e como duas variáveis estão relacionadas (CORRAR, L. J. et al., 2010).

$$\textbf{Equação 7-15: } Cov(x, y) = \frac{\sum(x-\bar{x})\times(y-\bar{y})}{n-1}$$

A interpretação do resultado da covariância entre duas variáveis depende do conceito de coeficiente de correlação (*r*). A correlação mede a força do relacionamento entre duas variáveis em termos relativos, o que não implica causa e efeito de uma variável sobe a outra, mas somente o relacionamento matemático entre elas (CORRAR, L. J. et al., 2010).

A associação entre as variáveis pode ser positiva (quando valores baixos ou altos de *x* correspondem a valores baixos ou altos de *y*, respectivamente) ou negativa (quando valores baixos de uma variável correspondem a valores altos de outra).

$$\textbf{Equação 7-16: } r = \frac{Cov(x,y)}{S_x \times S_y}$$

Onde:

Cov(*x*,*y*):	Covariância das variáveis *x* e *y*
S_x	Desvio padrão da variável *x*
S_y	Desvio padrão da variável *y*

Coeficiente de determinação (R^2)

O coeficiente de determinação mede o grau de ajustamento da reta de regressão aos dados observados e indica a proporção da variação total da variável dependente que é explicada pela variação da variável independente (CORRAR, et al., 2010).

O R^2 indica em que grau predições baseadas na reta de regressão são melhores do que estimativas obtidas pelo valor médio de *y*.

A Variação Total de desvios de *y* estimado em relação à sua média $\bar{y}$, y-$\bar{y}$, é dada pela soma da Variação Explicada com a Variação Não explicada. A Variação explicada é dada por $\hat{y} - \bar{y}$ e a Variação Não Explicada é dada por $y - \bar{y}$, conforme a Equação 7-17.

Equação 7-17: $(\mathbf{y} - \bar{\mathbf{y}}) = (\hat{\mathbf{y}} - \bar{\mathbf{y}}) + (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}})$

Onde:

$y - \bar{y}$: Variação Total
$\hat{y} - \bar{y}$: Variação Explicada
$y - \hat{y}$: Variação não Explicada

A igualdade também é válida quando se considera a soma dos quadrados.

Equação 7-18: $\sum(\mathbf{y} - \bar{\mathbf{y}})^2 = \sum(\hat{\mathbf{y}} - \bar{\mathbf{y}})^2 + (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}})^2$

O coeficiente de determinação (R^2) representa o percentual da variação explicada pela regressão em relação à variação total, de forma que R^2 varia de 0 a 1.

Equação 7-19: $\mathbf{R^2} = \frac{\sum(\hat{y}-\bar{y})^2}{\sum(y-\bar{y})^2} = \frac{\textbf{Variação Explicada}}{\textbf{Variação Total}}$

Para que os testes estatísticos mencionados sejam válidos, é necessário que o modelo de regressão analisado siga pressupostos básicos referentes à regressão, sendo os quatro principais (CORRAR, L. J. et al., 2010):

- Independência de erros ou atocorrelação residual;
- Homocedasticidade;
- Normalidade;
- Linearidade.

Homocedastacidade, normalidade e linearidade

A homocedasticidade preconiza que a variância dos resíduos é constante para todos os valores de x (a verificação deste pressuposto realiza-se com o Teste de Pesaran-Pesaran).

A normalidade prevê que o comportamento dos resíduos segue uma distribuição normal de probabilidade (sua verificação é realizada com o Teste de Kolmogorov-Smirnov).

A linearidade prevê que pelo diagrama de dispersão se obtém uma boa ideia sobre se as variáveis x e y são lineares, isto é, se pode-se ajustar uma reta aos dados observados (CORRAR, L. J. et al., 2010).

Heteroscedasticidade

Uma das importantes hipóteses do modelo clássico de regressão linear é que a variância de cada termo de perturbação u_i, condicional aos valores das variáveis explicativas, é um número constante igual a σ^2, isto é, variância constante, sendo essa a hipótese da homoscedasticidade (GUJARATI, 2000). Se a variância condicional do y_i, que por sua vez é condicional ao dado x_i, não é a mesma quando se muda o valor da variável x, há heteroscedasticidade.

Algumas das razões pelas quais as variâncias de u_i podem ser variáveis são mencionadas a seguir (GUJARATI, 2000):

- Modelos de aprendizagem de erro,
- Renda discricionária,
- Melhoria das técnicas de coleta de dados,
- Presença de observações aberrantes (*outliers*),
- O modelo da regressão não está corretamente especificado (importantes variáveis podem ter sido omitidas do modelo).

Na estimação da equação da regressão, pelo método dos mínimos quadrados, β é o melhor estimador linear não viesado (MELNV), se as hipóteses do modelo clássico (incluindo a homoscedasticidade) forem válidas. Quando há heteroscedasticidade β

permanece linear e não viesado, porém deixa de ser eficiente ou o melhor estimador. Na presença de heteroscedasticidade, o MELNV será obtido por meio do método dos mínimos quadrados generalizados (MQG) (GUJARATI, 2000).

Método dos Mínimos Quadrados Generalizados (MQG)

O MQG busca utilizar a informação contida na variabilidade desigual da variável dependente *Y*, conferindo pesos ou importância diferentes às observações, de forma que as observações vindas das populações com maior variabilidade recebam menor peso que aquelas vindas das populações com menor variabilidade (GUJARATI, 2000). Desta forma, o MQG é capaz de produzir estimadores MELNV.

Em MQG, minimiza-se a soma ponderada de quadrado dos resíduos, ao passo que em MQO minimiza-se a soma dos quadrados dos resíduos não ponderada. Em MQG, o peso atribuído a cada observação é inversamente proporcional ao seu σ, ou seja, as observações vindas de uma população com maior σ_i receberão um peso relativamente menor e as vindas de uma população com σ_i receberão um peso proporcionalmente maior quando se minimiza a soma dos quadrados (GUJARATI, 2000).

Consequências do uso de MQO na presença de heteroscedasticidade

O β obtido por meio de MQG será eficiente, ao passo que o obtido pelo MQO não o será, terá maior variância. Ambos permanecem não viesados, no entanto, a sua eficiência terá impacto no intervalo de confiança para a realização do teste de hipótese. Havendo intervalos de confiança imprecisos de aceitação da hipótese nula, que está sendo testada, pode-se obter conclusões enganosas.

Detecção da heteroscedasticidade

De acordo com Gujarati (2000), não há uma regra firme e segura para se detectar a heteroscedasticidade, apenas algumas regras práticas. Cita-se: Teste de Park, Teste de Glejser, Teste de Spearman de correlação da ordem, Teste de Goldfeld-Quandt, Teste de Breush-Pagan-Godfrey, Teste de White e o Teste de Pesaran-Pesaran (GUJARATI, 200 e CORRAR, 2010).

Teste de Pesaran-Pesaran

O teste consiste em detectar a presença de heteroscedasticidade com base nos resultados da regressão em que a variável dependente representa os valores dos quadrados dos resíduos (u^2) e a variável independente é constituída pelos valores estimados da variável dependente ($\hat{y}$) (CORRAR, 2010).

Calculada a regressão, verifica-se a validade do modelo, analisando a estatística *t*, por exemplo. Se essa estatística apontar para uma relação significativa entre as variáveis dependentes e independentes, rejeita-se a hipótese nula de ausência de heteroscedasticidade.

Medidas corretivas

De acordo com Gujarati (2000), há duas abordagens para remediar o problema da heteroscedasticidade: quando σ_i^2 for conheci e quando σ_i^2 não for conhecido.

Quando se conhece a variância do resíduo, o método mais fácil para corrigir a heteroscedasticidade é por meio dos mínimos quadrados ponderados, que resultará em estimadores MELNV (GUJARATI, 2000).

Quando a variância do resíduo não for conhecida, há um meio de se obter estimativas consistentes do ponto de vista estatístico das variâncias e covariâncias dos estimadores de MQO (GUJARATI, 2000).

Segundo White, inferências estatísticas em grandes amostras (assintoticamente válidas) podem ser feitas sobre os verdadeiros valores dos parâmetros (GUJARATI, 2000). Diversos pacotes de computador (TSPE, ET, SHAZAM) apresentam as variâncias e os erros-padrão com a heteroscedasticidade corrigida, juntamente com as variâncias e erros-padrão usuais de MQO (GUJARATI, 2000).

Alguns inconvenientes do método de White são a necessidade de grandes amostras e o fato de que os estimadores obtidos podem não ser tão eficientes como os obtidos por métodos que transformam dados para refletir tipos específicos de heteroscedasticidade (GUJARATI, 2000). A heteroscedasticidade pode apresentar diferentes padrões, ou diferentes variâncias para o erro (por exemplo, a variância do erro proporcional a X_i^2, a variância do erro proporcional a X_i ou a variância do erro é proporcional ao quadrado do valor médio de *Y*, como hipóteses possíveis). Ressalta-se

que transformações podem ser feitas para tentar corrigir o problema de variância inconstante dos resíduos, mas que ditas transformações são *ad hoc*, já que basicamente se especula a respeito da variância do resíduo. Qual das transformações funcionará dependerá da natureza do problema e da gravidade da heteroscedasticidade (GUJARATI, 2000). Pode ainda ocorrer uma correlação espúria após a transformação, onde se verificará a presença de correlação entre as razões das variáveis mesmo que não haja relação entre as variáveis originais (GUJARATI, 2000).

As perturbações residuais de MQO podem não somente ser heteroscedasticas, mas também autocorrelacionadas. Nesse caso, pode-se empregar uma técnica chamada auto-regressiva com heteroscedasticidade condicional (ARCH) (GUJARATI, 2000), que será abordada mais adiante.

Autocorrelação

A independência de erros ou autocorrelação residual preconiza que os resíduos (u) devam ser distribuídos de forma aleatória em torno da reta de regressão e, portanto, não sejam correlacionados uns com os outros. Se os resíduos apresentarem comportamento não aleatório (seguirem uma tendência), a hipótese básica do modelo de regressão foi violada e o método dos mínimos quadrados para estimar a e b não poderá ser utilizada. O modelo clássico de regressão linear supõe que o termo de perturbação referente a uma observação não é influenciado pelo tempo de perturbação referente a outra observação (GUJARATI, 2000).

O teste Durbin-Waston é empregado para que se detecte se há autocorrelação residual de ordem 1.

Caso haja correlação residual, as estimativas de a e b da equação se tornam ineficientes, de forma que o erro padrão da estimativa b (S_b) ficará subestimado, produzindo um intervalo de confiança superestimado para a população (CORRAR, et al., 2010). A autocorrelação provoca o aumento indevido na probabilidade de aceitação da estimativa b, e pode-se também cometer o erro de aceitar uma variável independente que deveria ser excluída do modelo (CORRAR, et al., 2010).

A autocorrelação pode provir de um erro na especificação funcional de um modelo, por exemplo se for utilizado um modelo linear quando o ideal seria utilizar um

modelo exponencial. Outra causa da autocorrelação pode ser a omissão de variável dependente importante para o modelo de regressão, de forma que o comportamento do resíduo refletirá a tendência dessa variável, que passará a integrá-lo (CORRAR, et al., 2010). Outra razão seria a inércia, característica que se destaca na maioria das séries temporais (GUJARATI, 2000). A utilização de um forma funcional incorreta também poderia acarretar em autocorrelação dos resíduos, assim como o fenômeno da teia de aranha (por exemplo, quando a oferta reage ao preço com uma defasagem de um período de tempo) (GUJARATI, 2000).

Há também, como causa da autocorrelação, defasagens. Por exemplo, no caso de uma regressão de série temporal do consumo sobre a renda, na qual o consumo no período corrente depende, entre outras coisas, do consumo no período anterior (GUJARATI, 2000). Um regressão dessa natureza é conhecida como auto-regressão, porque uma das variáveis explicativas é o valor defasado da variável dependente (GUJARATI, 2000).

A manipulação de dados seria outra possível explicação para a auto-correlação dos resíduos. Nesse caso, o uso de dados médios em uma série temporal (por exemplo, uso de informações trimestrais obtidas com base na média de valores mensais) pode suavizar os dados, amortecendo flutuações que se notam na série mais desagregada. Esta suavidade ou uniformidade maior pode conferir um padrão sistemático nas perturbações, introduzindo assim a autocorrelação (GUJARATI, 2000).

Ressalta-se que o problema da autocorrelação é mais comum em séries temporais (onde as informações são dispostas em ordem cronológica), embora também possa ocorrer (e ocorra) em dados de corte (GUJARATI, 2000).

O gráfico de resíduos pode ser a primeira forma de se analisar a validade da hipótese de ausência de correlação residual. O gráfico deve ser elaborado dispondo os resíduos em sequencia temporal (cronológica). Deve-se observar se há um distribuição aleatória dos resíduos (CORRAR, et al., 2010).

Há dois tipos de autocorrelação residual: a positiva e a negativa. A autocorrelação positiva indica que há relação linear direta entre os resíduos ao longo do tempo, de forma que um resíduo positivo geralmente é seguido de um resíduo positivo.

No caso de haver um resíduo negativo, geralmente este será seguido por um resíduo também negativo (CORRAR, et al., 2010).

A autocorrelação negativa indica que há uma correlação linear inversa entre os resíduos ao longo do tempo, de forma que se houver um resíduo positivo, este será sucedido por um resíduo negativo e vice-versa (CORRAR, et al., 2010).

Na presença de autocorrelação ou heteroscedasticidade os estimadores usuais de MQO, embora não viesados, já não possuem variância mínima entre os estimadores lineares não viesados, já não são MELV (GUJARATI, 2000).

Teste de Durbin-Watson

O teste de Durbin-Waston tem a função de detectar se há presença significativa de autocorrelação entre os resíduos em um modelo de regressão, de forma que o coeficiente de Durbin-Watson (DW) mede a correlação entre cada resíduo e o resíduo da observação que a precede. Sua expressão é definida como (CORRAR, et al., 2010):

Equação 7-20: $$\mathbf{DW} = \frac{\sum(\mathbf{u_t} - \mathbf{u_{t-1}})^2}{\sum \mathbf{u_t^2}}$$

W: Coeficiente de Durbin-Watson
$_t$: Resíduo no período de tempo *t*
$_{t-1}$: Resíduo no período de tempo *t-1*

A análise da estatística de DW é feita a partir de uma tabela de valores críticos. As conclusões acerca do teste devem considerar o limite crítico inferior (d_L) e o limite crítico superior (d_U) obtidos na tabela, de acordo com o nível de significância (α), do número de variáveis independentes (*k*-1, sendo k o número de coeficientes de regressão) e do tamanho da amostra (n) do modelo (CORRAR, et al., 2010). De acordo com Corrar et al. (2010):

- Se DW < d_L, conclui-se que há autocorrelação positiva;
- Se d_L < DW < d_U, pode-se dizer que o teste não é conclusivo;
- Se d_U < DW < 4-d_U, conclui-se que não há autocorrelação;
- Se 4 - d_U < DW < 4-d_L, pode-se dizer que o teste não é conclusivo;
- Se DW > 4 - d_L, conclui-se que há autocorrelação negativa;
- Se DW = 2, o índice de autocorrelação é igual a zero.

A Tabela 7-1 ilustra as regiões de decisão do teste de DW.

Tabela 7-1: Regiões de decisão do teste de DW

Autocorrelação positiva	Região não conclusiva	Ausência de autocorrelação	Região não conclusiva	Autocorrelação negativa
0	d_L	d_U 2 $4 - d_U$	$4 - d_L$	4

Fonte: CORRAR, et al. (2010)

Modelo auto-regressivo de heteroscedasticidade condicional (ARCH)

Para séries temporais financeiras, como preço de ações, taxas de inflação, taxas de câmbio, dentre outras, foi observado que a capacidade de se prever seus valores oscila consideravelmente de um período para outro, de forma que para alguns períodos o erro pode ser relativamente pequeno, enquanto para outros, grandes, e depois novamente pequenos (GUJARATI, 2000). Dita variabilidade poderia advir da volatilidade no mercado financeiro, sensível a rumores, mudanças nas políticas monetárias, convulsões políticas, etc. o que sugere que a variância dos erros de previsão não é constante, mas varia de um período para outro (GUJARATI, 2000).

Pode-se supor que o comportamento dos erros de previsão depende do comportamento das perturbações (da regressão) (u_t) e pode-se apresentar uma justificativa para a autocorrelação na variância da perturbação (GUJARATI, 2000). Para se capturar essa correlação, utiliza-se o modelo auto-regressivo de heteroscedasticidade condicional (ARCH), cuja ideia-chave é que a variância de u no instante t ($= \sigma_t^2$) depende do tamanho do termo de erro elevado ao quadrado no instante (t-1), ou seja, depende do u^2_{t-1}.

Caso a variância de u_t dependa do quadrado do termo de perturbação do instante anterior, o processo será chamado de ARCH(1), mas este pode ser generalizado - ARCH(p).

Uma generalização do modelo ARCH é o modelo GARCH, no qual a variância condicional de u no instante t depende não somente de perturbações ao quadrado passadas, mas também de variâncias condicionais passadas (GUJARATI, 2000).

Séries Temporais: Estacionariedade, Raízes Unitárias, Regressões Espúrias e Co-integração

Trabalhos empíricos baseados em dados de séries temporais supõem que estas sejam estacionárias (GUJARATI, 2000). Ao se regredir uma série temporal sobre outra série temporal, muitas vezes obtém-se um R^2 alto, mesmo não havendo uma relação significativa entre as variáveis (o que exemplifica um relação espúria), o que ocorre pois se ambas as séries apresentarem uma forte tendência (movimentos ascendentes ou descendentes continuados), o R^2 observado será em função da tendência e não de um verdadeira relação entre as variáveis econômicas (GUJARATI, 2000).

Ao mesmo tempo, modelos de regressão que envolvem dados de séries temporais podem ser usados para previsão, de forma que é importante saber se a previsão é válida no caso de as séries não serem estacionárias (GUJARATI, 2000).

Os dados se uma série temporal podem ser pensados como gerados por uma processos estocástico ou aleatório, sendo um conjunto concreto de dados uma realização do processo estocástico adjacente (GUJARATI, 2000). Paralelo entre a distinção entre processo estocástico e realização pode ser feito com a distinção entre população e amostra em dados de corte, de forma que, conforme se usa dados amostrais para fazer inferências sobre uma população, em séries temporais de usa uma realização para fazer inferências sobre o processo estocástico subjacente (GUJARATI, 2000).

O processo estocástico em questão para a análise de séries temporais é o processo estocástico estacionário, sendo estacionário se suas médias e variâncias apresentarem-se constantes ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos de tempo depender somente da distância ou defasagem entre os dois períodos, de forma que não dependa do período de tempo efetivo em que a covariância é calculada (GUJARATI, 2000).

De acordo com ANEEL (2008):

O conceito de estacionariedade é importante em um contexto de projeção, pois por definição quando a série é estacionária as propriedades estatísticas como média, variância e autocorrelação observadas no passado serão as mesmas no futuro.

Se uma série temporal não for estacionária, é chamada de série temporal não-estacionária.

Teste de estacionariedade com base no correlograma

A função autocorrelação (FAC) pode ser utilizada para se testar a estacionariedade de uma série temporal. A FAC na defasagem k, indicada por p_k, é definida como (GUJARATI, 2000):

$$\textbf{Equação 7-21: } \mathbf{p_k} = \frac{\mathbf{y_k}}{\mathbf{y_0}} = \frac{\textbf{covariância na defasagem k}}{\textbf{variância}}$$

Pode-se representar graficamente p_k contra o valor de k, obtendo-se o gráfico de correlograma da população. Deve-se primeiro calcular a covariância amostral na defasagem k, $\hat{y}_k$, e a variância amostral, $\hat{y}_0$ (GUJARATI, 2000). O cálculo considera, então, a razão entre a variância amostral e a variância amostral, de forma que pode-se estabelecer um correlograma amostral.

Se uma série temporal for puramente aleatória (se exibir ruído branco), os coeficientes de autocorrelação amostral são aproximadamente distribuídos normalmente com média zero e variância $1/n$, n sendo o tamanho da amostra (GUJARATI, 2000). A significância estatística do $\hat{p}_k$ pode ser avaliada por seu erro padrão, de forma que seguindo as propriedades da distribuição normal padrão, pode-se definir um intervalo de confiança e se testar a significância de p_k, sendo a hipótese nula de que o verdadeiro p_k seja zero (GUJARATI, 2000).

Teste de raiz unitária para detectar estacionariedade- DF

O teste de raiz unitária considera o seguinte modelo:

$$\textbf{Equação 7-22: } \mathbf{Y_t = Y_{t-1} + u_t}$$

Sendo u_t o termo de erro estocástico que segue as hipóteses média zero, variância constante e não auto-correlacionado (conhecido como termo de erro de ruído branco) (GUJARATI, 2000).

A equação apresentada é uma regressão de primeira ordem, ou AR (1), pois o valor de Y no instante t é regredido sobre seu valor no instante $t-1$. Se o coeficiente de

Y_{t-1} for igual a 1, aflora o problema da raiz unitária, sendo esta um situação de não estacionariedade (GUJARATI, 2000).

Se a regressão $Y_t=\rho Y_{t-1}+u_t$ for rodada e se verificar que ρ=1, conclui-se que a variável estocástica *Y tem uma raiz unitária,* sendo uma série temporal que apresenta uma raiz unitária conhecida como uma série temporal de caminho aleatório, que é uma série temporal não-estacionária (GUJARATI, 2000). Preços de ações seguem um caminho aleatório, são não estacionários (GUJARATI, 2000).

Para verificar se uma série é não-estacionária, pode-se rodar a regressão $Y_t=\rho Y_{t-1}+u_t$ e verificar se ρ é estatisticamente igual a 1. Sob a hipótese nula ρ=1 a estatística *t* calculada de modo convencional é conhecida como estatística τ (tau), para a qual os valores críticos foram tabulados por Dickey e Fuller, de forma que a o teste passou a ser conhecido como teste de Dickey e Fuller (DF) (GUJARATI, 2000). Se a hipótese nula for rejeitada, a série é estacionária (GUJARATI, 2000).

Em regressões envolvendo dados de séries temporais, a variável tempo ou tendência t é frequentemente incluída como um dos regressores, para evitar o problema da correlação espúria (GUJARATI, 2000). Há, muitas vezes, uma tendência de dados de séries temporais econômicas se moverem em uma mesma direção em função de uma tendência comum (GUJARATI, 2000). Desta forma, uma regressão de uma série temporal econômica sobre outra pode apresentar um R^2 muito alto que estaria refletindo a tendência em comum entre as séries e não o verdadeiro grau de associação entre as variáveis consideradas (GUJARATI, 2000).

Para evitar esse problema, costuma-se regredir a variável independente sobre a dependente e também sobre *t*, que seria a variável de tendência, de maneira que o coeficiente da variável explicativa obtido pela regressão passa a representar sua influência líquida sobre a variável dependente (GUJARATI, 2000).

Alguns economistas indicam que esta prática, de se evitar a associação espúria removendo a tendência por meio da introdução explícita de uma variável que a represente no modelo, só é aceitável se a variável tendência for determinista e não estocástica (GUJARATI, 2000).

A tendência será determinista, em linhas gerais, se for perfeitamente previsível e não variável, o que pode ser verificado por meio do teste de raiz unitária (GUJARATI, 2000). A se estimar uma regressão, se verificar-se que a série apresenta uma raiz unitária (série não estacionária), pode-se concluir que essa série apresenta uma tendência estocástica e, caso contrário (se não apresentar uma raiz unitária), será determinista (GUJARATI, 2000).

Na análise de séries temporais, pode haver um processo de tendência estacionária (PTE) ou um processo de diferença estacionária (PDE) (GUJARATI, 2000).

No caso de $Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + u_t$, onde o resíduo tem média zero e variância constante, o processo é chamado de PDE.No caso de $Y_t - Y_{t-1} = \alpha + u_t$, onde o resíduo tem média zero e variância constante, o processo é chamado de PDE (GUJARATI, 2000).

Assim, com uma tendência determinista pode-se transformar as variáveis em estacionárias ao se incluir uma tendência temporal na regressão ou pela regressão preliminar sobre o tempo e subtração da tendência estimada. No caso de uma tendência estocástica, é necessária a realização de testes relacionados à co-integração e não estacionariedade (GUJARATI, 2000).

Previsões de longo prazo realizadas a partir de um PTE serão mais confiáveis do que as realizadas com um PDE, ao passo que as realizadas com a última serão não confiáveis e as vezes bastante arriscadas (GUJARATI, 2000).

Regressões espúrias

As regressões envolvendo dados de série temporal podem obter resultados espúrios, ou seja, resultados que podem parecer bons em princípio mas, após investigações adicionais, parecem suspeitos ou duvidosos (GUJARATI, 2000). Um $R^2>d$ é uma boa regra prática para suspeitar que a regressão estimada sofre de regressão espúria (Granger e Newbold, 1974 apud GUJARATI, 2000). Ao se regredir uma série temporal não estacionária sobre outra não estacionária o teste t não é válido e, nesse caso, a regressão é espúria (GUJARATI, 2000). No caso de séries temporais não-estacionárias, não se deve confiar nos valores de t estimados (GUJARATI, 2000).

De acordo com Gujarati (2000), a maior parte da teoria econômica é enunciada como uma relação de longo prazo entre as variáveis na forma de nível, não na forma de primeira diferença. Isso faz com que, mesmo as séries não estacionárias, originem séries com a primeira diferença (Δ) estacionárias, não se deva utilizá-las. Pode-se perder uma valiosa relação relação de longo prazo entre as séries (GUJARATI, 2000).

O movimento de tendência de séries temporais que, por exemplo, tendem para cima ao mesmo tempo, remete à uma sintonia ou sincronia. A sincronia é a ideia por trás da série temporal co-integrada. Séries co-integradas (onde há uma relação de equilíbrio a longo prazo entre as duas) não resultam em regressões espúrias, de forma que o teste t permanece válido.

De acordo com ANEEL (2008[37]):

> *Uma regressão é chamada de espúria se não há relação entre as variáveis e, no entanto, ao estimar uma regressão conclui-se por haver uma relação significativa dos coeficientes estimados, até mesmo com um R^2 elevado. Em uma regressão espúria a probabilidade de estimar coeficientes significativos (diferentes de zero) é substancial, mesmo no caso dos verdadeiros valores serem de fato zero. Exemplo de ocorrência de regressão espúria é quando duas variáveis são da mesma ordem de integração, contudo o erro resultante da estimação não é estacionário, isto é, possui erros permanentes. Outro caso que resulta em resultados enganosos é quando as variáveis do modelo são de ordem de integração diferente, i.e. a regressão não é "equilibrada". A saída para o problema de regressão espúria é dado pelo conceito de cointegração.*

Co-Integração

Apesar de duas séries de dados serem processos não estacionários ou de caminho aleatório, a combinação linear dessas duas variáveis pode ser estacionária, se forem da mesma ordem. Se verifica-se que a combinação linear das séries é estacionária I(0), pode-se dizer que suas variáveis da regressão são co-integradas, ou que "estão na mesma onda" e que suas tendências se anulam (GUJARATI, 2000). Para isto, precisam

---

[37] Disponível em: http://www.aneel.gov.br/cedoc/nren2008338_292.pdf. Acesso em: 03/02/2012.

estar integradas da mesma ordem, de forma que se uma séria for I(1) e a outra for I(1), elas poderão ser co-integradas (GUJARATI, 2000).

Se houver co-integração, a regressão sobre os níveis das duas variáveis faz sentido, não sendo espúria. Não se perde qualquer informação valiosa, de longo prazo, como ocorreria se fossem utilizadas as primeiras diferenças das séries (GUJARATI, 2000).

Se confirmar-se que os resíduos da regressão são estacionários, a metodologia tradicional de regressão é aplicável. Segundo Gujarati (2000), *a valiosa contribuição dos conceitos de raiz unitária, co-integração, etc. é a obrigação de se verificar se os resíduos da regressão são estacionários*.

Dois métodos para se testar a co-integração são:

1- Teste DF ou ADF sobre o u_t estimado da regressão co-integrante;
2- Teste de Durbin-Watson para regressão co-integrante (DWRC) (GUJARATI, 2000).

Teste de Engle-Granger (EG) ou teste aumentado de Engle-Granger (AEG)

Estima-se a regressão, obtém-se os resíduos e aplica-se o teste DF ou ADF, já que se as séries não forem co-integradas qualquer combinação linear entre elas será não estacionária e, portanto, serão não estacionários também os resíduos (GUJARATI, 2000). Neste caso, os valores críticos de significância de DF a ADF não são apropriados, pois o resíduo estimado se baseia no parâmetro co-integrante estimado β_2 (GUJARATI, 2000). Assim, utiliza-se os valores calculados por Engle e Granger o teste é conhecido como teste de Engle-Granger e teste aumentado de Engle-Granger (GUJARATI, 2000).

Se o valor do τ estimado exceder os valores críticos de Engle-Granger, a conclusão será que o resíduo estimado é estacionário (não apresentando uma raiz unitária) e que as séries históricas consideradas, apesar de individualmente não estacionárias, são co-integradas.

Teste de Durbin-Watson para regressão co-integrante (DWRC)

Para verificar se as séries são co-integradas, pode-se utilizar o valor d de Durbin-Watson obtido da regressão co-integrante, tendo como hipótese nula que *d=0*. Compara-se o *d* calculado com os valores de referência para se concluir a respeito da co-integração das séries.

Co-integração e mecanismo de correção de erros

Havendo uma relação de equilíbrio a longo prazo entre duas séries co-integradas, a curto prazo pode haver desequilíbrio, de forma que o erro pode ser tratado como o "erro do equilíbrio", que pode ser utilizado para ligar o comportamento da série histórica a curto prazo com seu valor a longo prazo (GUJARATI, 2000). O mecanismo de correção de erro popularizado por Engle e Granger corrige o desequilíbrio (GUJARATI, 2000).

Regressão Linear Múltipla

O modelo de regressão linear múltipla é utilizado quando mais de uma variável explicativa é necessária para se estimar os valores da variável dependente. É uma extensão lógica do modelo de regressão simples, de forma que os mesmos conceitos são utilizados (CORRAR, et al., 2010).

Um modelo de regressão linear múltiplo, com k variáveis explicativas, pode ser expresso por:

Equação 7-23: $\mathbf{y_i = a_1 + b_1x_1 + b_2x_2 + ... + b_kx_k + u}$

Onde:

a: Intercepto de *Y*
b_i: Coeficientes angulares
u: Erro aleatório em Y para observação i

Recomenda-se que na regressão múltipla se utilize o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{ajustado}$) ao invés do coeficiente de determinação (R^2), pois quando uma variável explicativa é adicionada ao modelo o coeficiente de determinação (R^2) tem seu valor aumentado ou mantido., mesmo que esta variável não seja significativa estatisticamente (CORRAR, L. J. et al., 2010).

Equação 7-24: $\mathbf{R^2_{ajustado} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-k}\right)(1 - R^2)}$

Onde:

$R^2_{ajustado}$: Coeficiente de determinação ajustado para o modelo de regressão múltipla
n: Número de observações
k: Número de coeficientes da equação de regressão
R^2 Coeficiente de determinação

Na regressão múltipla é necessário verificar se a variável dependente se relaciona com o conjunto das variáveis independentes, i.e. deve-se testar a regressão como um todo (CORRAR, et al., 2010).

Utilização de variáveis Dummies ou binárias

De forma geral, variáveis qualitativas associadas a um modelo de regressão indicam a presença ou ausência de um atributo ou evento. Para que isto possa ser considerado em um modelo, utiliza-se uma variável qualitativa artificial, denominada variável *dummy*. A variável dummy assume os valores 0 ou 1, de forma que 0 indica a ausência do atributo e 1 a presença do atributo – variável binária (CORRAR, et al., 2010).

A variável *dummy* pode ser incorporada a um modelo de três formas (CORRAR, et al., 2010):

1- Forma aditiva;
2- Forma multiplicativa;
3- Forma mista.

A forma aditiva considera a que a presença do evento ou atributo alterará somente o intercepto do modelo.

Equação 7-25: Sem a variável dummy: $DE = a + b_1P$

Equação 7-26: Com a variável dummy: $DE = a + b_1P + b_2D$

A forma multiplicativa considera que a presença do evento ou atributo provoca uma alteração na declividade do modelo, somente.

Equação 7-27: Sem a variável dummy: $DE = a + b_1P$

Equação 7-28: Com a variável dummy: $DE = a + b_1P + b_2PD$

A forma mista considera que a presença do evento ou atributo terá efeito sobre o intercepto e declividade do modelo.

Equação 7-29: Sem a variável dummy: $DE = a + b_1P$

Equação 7-30: Com a variável dummy: $DE = a + b_1P + b_2D + b_3PD$

Econometria de Séries Temporais: Modelo ARIMA

De acordo com Gujarati (2000), em linhas gerais há quatro abordagens da previsão econômica baseada em séries temporais:

1- Modelos de regressão de equação única,
2- Modelos regressão de equações simultâneas,
3- Modelos auto-regressivos integrados de média móvel (ARIMA, conhecida também como metodologia de Box-Jenkins),
4- Modelos de auto-regressão vetorial.

Processo auto-regressivo (AR)

Se modelarmos uma série na forma $(Y_t\text{-}\delta) = \alpha_1 (Y_{t-1} - \delta) + u_t$, em que δ é a média de Y e u_t é um termo de erro aleatório não auto-correlacionado com média zero e variância constante (isto é, *ruído branco*), dizemos que Y_t segue um processo estocástico auto-regressivo de primeira ordem, AR (1) (GUJARATI, 2000). Desta forma, o valor de Y no período t depende de seu valor no período anterior e de um termo aleatório, sendo que os valores Y são desvios em relação ao seu valor médio.

Se considerarmos o modelo $(Y_t\text{-}\delta) = \alpha_1 (Y_{t-1} - \delta) + \alpha_3 (Y_{t-2} - \delta) + u_t$, dizemos que Y segue um processo auto-regressivo de segunda ordem, AR(2), pois os valores de Y no período t depende de seu valor nos dois períodos anteriores. Assim, podemos ter Y_t, no qual ocorre um processo auto-regressivo de p-ésima ordem, ou AR(p) (GUJARATI, 2000). Ressalta-se que nestes casos os modelos envolvem somente valores correntes e anteriores de Y, de forma que não há outros regressores.

Processo de média móvel (MA)

Se se modela Y como $Y = u + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1}$, onde u é uma constante e o termo de erro estocástico ruído branco, Y no período t será igual a uma constante mais uma média

móvel dos termos de erro corrente e passado (GUJARATI, 2000). Este caso representaria um processo de média móvel de primeira ordem, MA (1).

Se $Y = u + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} + \beta_1 u_{t-2}$, então se trata de um processo MA (2). Desta forma, pode haver processo MA (q). Um processo de média móvel é uma combinação linear dos termos de erro ruído branco (GUJARATI, 2000).

Processo auto-regressivo de média móvel (ARMA)

Y pode ter características de AR e de MA, representando um processo ARMA. Se *Y* seguir um processo ARMA (1,1), será representado por: $Y_t = \theta + \alpha_1 Y_{t-1} + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1}$

Neste caso, há um termo auto-regressivo e um termo média móvel, θ representando uma constante. Um processo pode ser ARMA (*p, q*), onde há *p* termos auto-regressivos e *q* termos média móvel (GUJARATI, 2000).

Processo auto-regressivo integrado de média móvel (ARIMA)

A média e variância para uma série temporal fracamente estacionária são constantes e sua covariância é invariável ao longo do tempo. No entanto, muitas séries temporais são não estacionárias, ou seja, são integradas. Se uma série temporal for integrada de ordem 1 [I(1)] , suas primeiras diferenças serão I(0), isto é, serão estacionárias (GUJARATI, 2000).

Da mesma forma, se uma série temporal for I(2), sua segunda diferença será I(0). Uma série pode ser I(*d*), de forma que ao ser diferenciada *d* vezes, será obtida uma série I(0) (GUJARATI, 2000).

Se uma série for diferenciada *d* vezes para que se torne estacionária, e a ela for aplicado o modelo ARMA (*p,q*), se diz que a série temporal original é ARIMA (*p,d,q*), sendo uma série temporal auto-regressiva integrada de média móvel. Nesse caso, *p* indica o número de termos auto-regressivos, *d* o número de vezes que a série precisa ser integrada para se tornar estacionária e *q* o número de termos de média móvel (GUJARATI, 2000). Desta forma, uma série temporal ARIMA (2,1,2) deverá ser diferenciada 1 vez (*d*=1) para que se torne estacionária e a série temporal estacionária resultante pode ser modelada como um processo ARMA (2,2).

Metodologia de Box-Jenkins (BJ)

Para se utilizar a metodologia de BJ é necessário que a série temporal seja estacionária, ou estacionária após uma ou mais diferenciações (GUJARATI, 2000).

De acordo com Pokorny (1987) apud Gujarati (2000):

> *O objetivo de B-J é identificar e estimar um modelo estatístico que possa ser interpretado como tendo gerado os dados amostrais. Se esse modelo estimado será usado para previsão, devemos supor que as características desse modelo são constantes no tempo, e particularmente no período futuro. Assim, a razão simples de se necessitar de dados estacionários é que qualquer modelo que é inferido a partir desses dados pode ser interpretado como estacionário ou estável, fornecendo assim uma base válida para a previsão.*

Para saber se uma série segue um processo puramente AR (e qual seria o valor de p), puramente MA (e qual seria o valor de q), ARMA (e quais seriam os valores de p e q), ou ARIMA (e quais seriam os valores de p, d, q), a metodologia de BJ é útil. O método consiste em quatro etapas (GUJARATI, 2000):

1. Identificação. Descobrir valores apropriados para p, d e q com o auxílio do correlograma e do correlograma parcial.
2. Estimativa. Considerando os valores de p, d e q obtidos na etapa 1, deve-se estimar os parâmetros dos termos auto-regressivos e de média móvel incluídos no modelo. O cálculo pode ser feito com os mínimos quadrados simples em alguns casos, mas métodos de estimativa não-linear I(no parâmetro) podem ser necessários. Utiliza-se pacotes de estatística para esta etapa.
3. Checagem de diagnóstico. Escolhido o modelo ARIMA, estimados os seus parâmetros, deve-se avaliar se o modelo ajusta-se bem aos dados, tendo em vista que outro modelo ARIMA poderia ter o mesmo desempenho. Um teste que pode ser realizado é considerar se os resíduos estimados pelo modelo escolhido são ruídos brancos (isto é, apresentam média zero, variância constante e não são auto-correlacionados). Caso

sejam ruído branco, pode-se aceitar o modelo, caso não, deve-se reiniciar o processo a partir da etapa 1.

4. Previsão. Os modelos ARIMA tem se mostrado populares por seu sucesso em realizar previsões.

Para se efetuar a etapa 1 (identificação) as principais ferramentas são a função de autocorrelação (FAC), a função de autocorrelação parcial (FACP) e os correlogramas resultantes (que são as representações gráficas das FACs e FACPs contra o tamanho das defasagens) (GUJARATI, 2000).

8. Anexo II: Informação Acerca dos Desmembramentos e Grupamentos das Ações Contempladas no Estudo

VALE S.A.

Proventos em Ações	Deliberado em	Negócios com até	% Bon/Desd ou Fator de Grupamento	Crédito das Ações em	Observações
Desdobramento	30/08/2007	31/08/2007	100	06/09/2007	
Desdobramento	27/04/2006	19/05/2006	100	-	
Desdobramento	18/08/2004	18/08/2004	200	24/08/2004	
Bonificação	18/04/1997	18/04/1997	100	-	- Em ações PNB que serão resgatadas ou convertidas em debêntures participativas.
Grupamento	10/04/1996	10/04/1996	1000/1	-	

Fonte: BM&FBOVESPA (2012), Disponível em: http://www.bmfbovespa.com.br/cias-listadas/empresas-listadas/ResumoEventosCorporativos.aspx?codigoCvm=4170&tab=3&idioma=pt-br. Acesso em 19/02/2012.

MMX MINERACAO E METALICOS S.A.

Proventos em Ações	Deliberado em	Negócios com até	% Bon/Desd ou Fator de Grupamento	Crédito das Ações em	Observações
Cisão	19/06/2008	25/07/2008	100	-	- Em ações (respeitada a espécie) da IronX Mineração S.A. e LLX Logística S.A.
Desdobramento	07/04/2008	07/04/2008	1900	-	
Desdobramento	23/07/2007	30/07/2007	100	03/08/2007	
Desdobramento	25/01/2007	26/01/2007	100	01/02/2007	
Grupamento	06/07/2006	07/07/2006	77,1504755/1	-	- Frações: doação pelo acionista controlador.
Desdobramento	28/04/2006	08/05/2006	2.429/1	-	

Fonte: BM&FBOVESPA (2012), Disponível em: http://www.bmfbovespa.com.br/cias-listadas/empresas-listadas/ResumoEventosCorporativos.aspx?codigoCvm=17914&tab=3&idioma=pt-br. Acesso em 19/02/2012.

GERDAU S.A.

Proventos em Ações	Deliberado em	Negócios com até	% Bon/Desd ou Fator de Grupamento	Crédito das Ações em	Observações
Bonificação	30/05/2008	12/06/2008	100	18/06/2008	
Bonificação	31/03/2006	12/04/2006	50	18/04/2006	
Bonificação	31/03/2005	11/04/2005	50	11/04/2005	
Bonificação	29/04/2004	29/04/2004	100	05/05/2004	
Bonificação	30/04/2003	30/04/2003	30	02/05/2003	
Grupamento	30/04/2003	30/04/2003	1000/1	-	
Desdobramento	28/04/2000	28/04/2000	100	-	

Fonte: BM&FBOVESPA (2012), Disponível em: http://www.bmfbovespa.com.br/cias-listadas/empresas-listadas/ResumoEventosCorporativos.aspx?codigoCvm=3980&tab=3&idioma=pt-br. Acesso em 19/02/2012.

METALURGICA GERDAU S.A.

Proventos em Ações	Deliberado em	Negócios com até	% Bon/Desd ou Fator de Grupamento	Crédito das Ações em	Observações
Bonificação	30/05/2008	12/06/2008	100	18/06/2008	
Bonificação	31/03/2006	12/04/2006	50	18/04/2006	
Bonificação	31/03/2005	11/04/2005	50	11/04/2005	
Bonificação	30/04/2004	30/04/2004	30	06/05/2004	
Desdobramento	30/04/2004	30/04/2004	70	06/05/2004	
Bonificação	30/04/2003	30/04/2003	100	02/05/2003	
Grupamento	30/04/2003	30/04/2003	1000/1	-	
Desdobramento	28/04/2000	28/04/2000	100	-	
Bonificação	30/06/1997	30/06/1997	5.64193385	04/07/1997	- Em ações ON.

Fonte: BM&FBOVESPA (2012), Disponível em: http://www.bmfbovespa.com.br/cias-listadas/empresas-listadas/ResumoEventosCorporativos.aspx?codigoCvm=8656&tab=3&idioma=pt-br. Acesso em 19/02/2012.

9. Anexo III: Testes e Resultados das Regressões Realizados com o Modelo ARCH

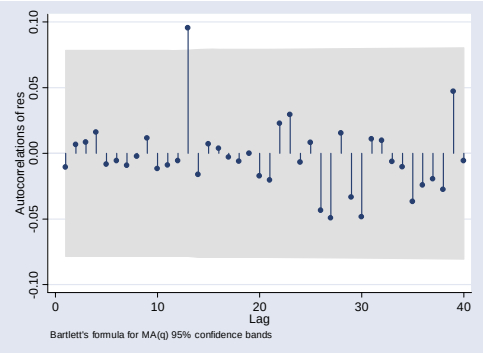
Regressões com o preço do minério de ferro

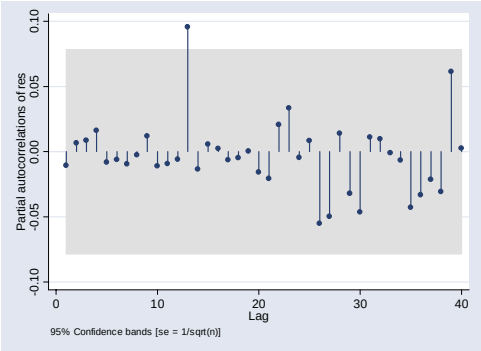
VALEON

```
ARCH family regression

Sample:  1960w3 to 1972w3                       Number of obs     =        625
                                                Wald chi2(1)      =       1.47
Log likelihood =   1007.34                      Prob > chi2       =     0.2258

                                   OPG
dlogvaleon |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----------+----------------------------------------------------------------
dlogvaleon |
dlogminferro |  -.0576432   .0475899    -1.21   0.226    -.1509177    .0356314
       _cons |   .0045767   .0019213     2.38   0.017      .000811    .0083425
-----------+----------------------------------------------------------------
ARCH       |
       arch |
         L1 |   .1611299   .0462213     3.45   0.001     .0695579     .252702
       _cons |   .0020008    .000131    15.27   0.000     .0017441    .0022576
```



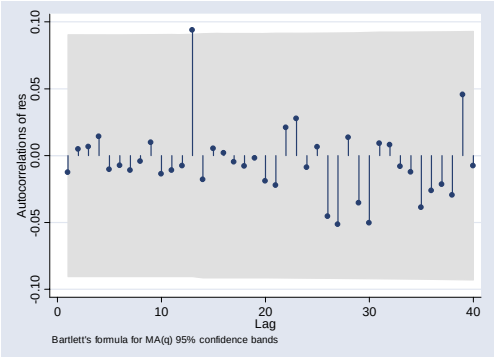


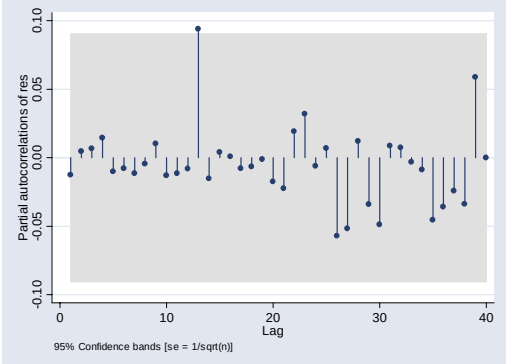
VALEPNA

```
ARCH family regression

Sample:  1963w3 to 1972w3                       Number of obs     =        469
                                                Wald chi2(1)      =       8.53
Log likelihood = -693.9508                      Prob > chi2       =     0.0035

                                   OPG
dlogvalepn |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----------+----------------------------------------------------------------
dlogvalepn |
dlogminferro |   2.267028   .7760009     2.92   0.003     .7460944    3.787962
       _cons |  -.0191521   .0448863    -0.43   0.670    -.1071277    .0688234
-----------+----------------------------------------------------------------
ARCH       |
       arch |
         L1 |   .3801069   .1071586     3.55   0.000     .1700798    .5901339
       _cons |    .828373    .038894    21.30   0.000     .7521421    .9046038
```



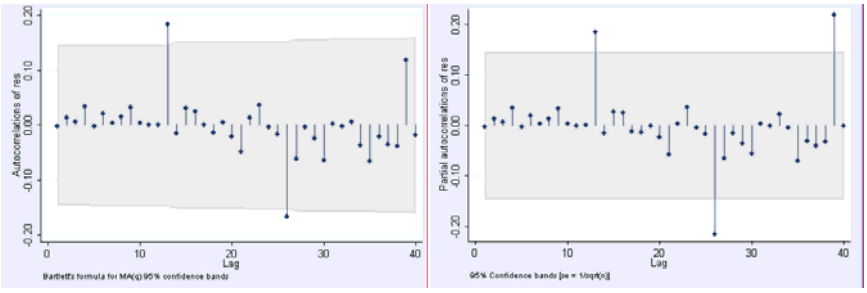


MMXON

```
ARCH family regression

Sample:  1968w34 to 1972w3                      Number of obs     =        178
                                                Wald chi2(1)      =      10.56
Log likelihood =  160.4407                      Prob > chi2       =     0.0012

------------------------------------------------------------------------------
             |                 OPG
dlogmmxon    |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dlogmmxon    |
dlogminferro |  -.2007527    .061769    -3.25   0.001    -.3218178   -.0796877
     _cons   |  -.0062258   .0068323    -0.91   0.362    -.0196168    .0071651
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
       arch  |
         L1  |   .6814581   .1815973     3.75   0.000     .3255339    1.037382
     _cons   |   .0054895   .0008239     6.66   0.000     .0038747    .0071043
------------------------------------------------------------------------------
```

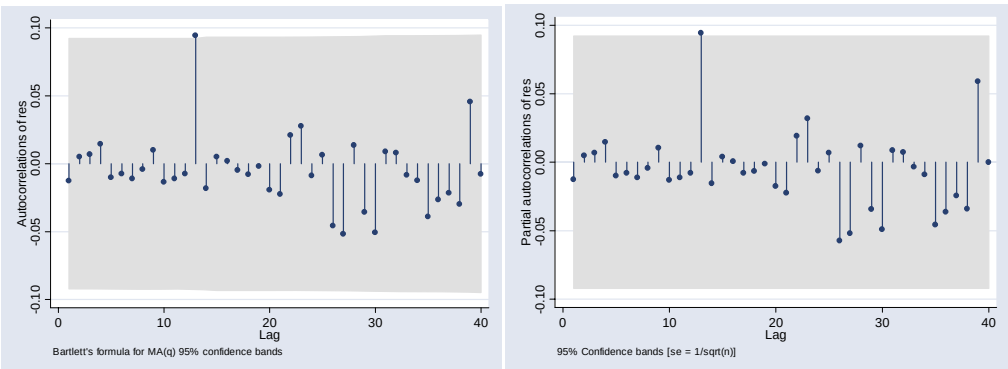


GERDON

```
ARCH family regression

Sample:  1963w20 to 1972w3                      Number of obs     =        452
                                                Wald chi2(1)      =       0.47
Log likelihood =  635.6335                      Prob > chi2       =     0.4912

------------------------------------------------------------------------------
             |                 OPG
dloggerdon   |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dloggerdon   |
dlogminferro |   -.045334   .0658464    -0.69   0.491    -.1743905    .0837226
     _cons   |   .0051551   .0026883     1.92   0.055    -.0001139     .010424
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
       arch  |
         L1  |   .2386407   .0558228     4.27   0.000      .12923    .3480514
     _cons   |   .0028229    .000214    13.19   0.000     .0024035    .0032423
------------------------------------------------------------------------------
.
```

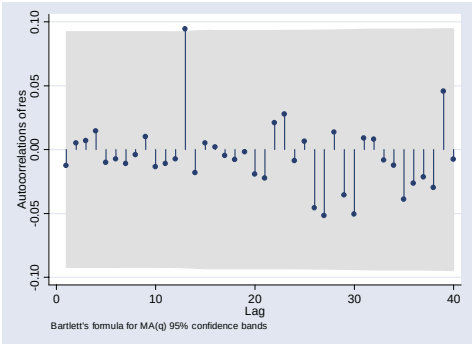


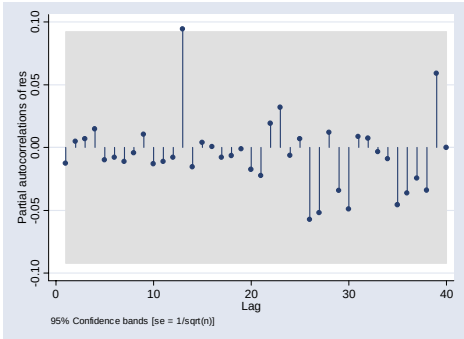
GERDMETPN

```
ARCH family regression

Sample:  1963w20 to 1972w3                      Number of obs     =        452
                                                Wald chi2(1)      =       3.95
Log likelihood =  631.6482                      Prob > chi2       =     0.0468

------------------------------------------------------------------------------
                                   OPG
dloggerdme~n |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dloggerdme~n |
dlogminferro |  -.1051572   .0529003    -1.99   0.047    -.2088398   -.0014746
       _cons |   .0057101   .0027222     2.10   0.036     .0003746    .0110455
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
        arch |
         L1. |   .2196962   .0573491     3.83   0.000      .102294    .3320985
       _cons |   .0029116    .000235    12.39   0.000     .002451    .0033721
------------------------------------------------------------------------------
```



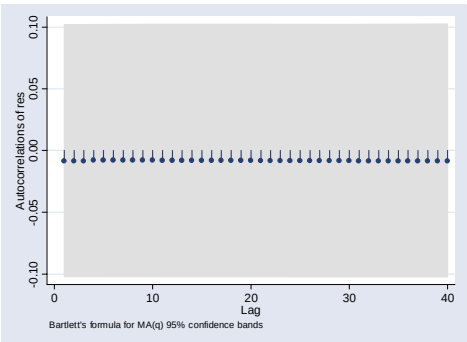


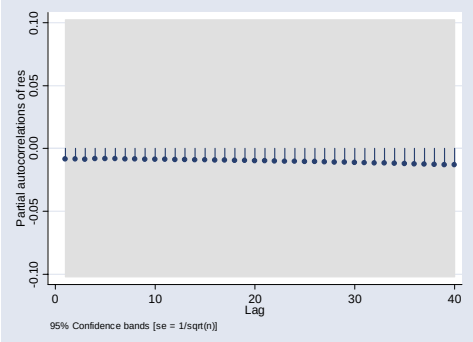
GERDPN

```
ARCH family regression

Sample:  1960w16 to 1967w19                     Number of obs     =        368
                                                Wald chi2(1)      =       0.00
Log likelihood =  91.32647                      Prob > chi2       =     0.9880

------------------------------------------------------------------------------
                                   OPG
dloggerdpn   |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dloggerdpn   |
dlogminferro |  -.0198477   1.321542    -0.02   0.988    -2.610022    2.570327
       _cons |   .0049862   .0089114     0.56   0.576    -.0124798    .0224522
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
        arch |
         L1. |   .4953908   .0794122     6.24   0.000     .3397457    .6510359
       _cons |   .0282523   .0006832    41.35   0.000     .0269133    .0295913
------------------------------------------------------------------------------
```



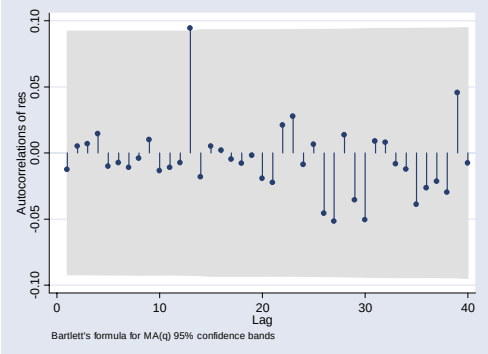


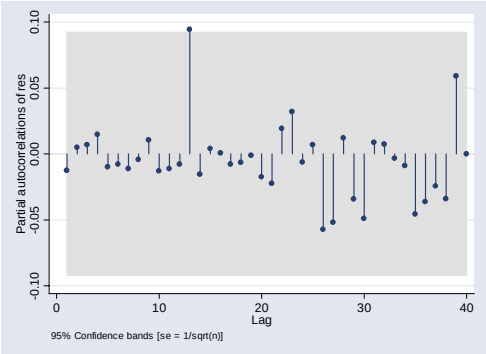
GERDMETON

```
ARCH family regression

Sample:  1963w20 to 1972w3                      Number of obs     =        452
                                                Wald chi2(1)      =       4.27
Log likelihood =  609.7368                      Prob > chi2       =     0.0387

                                   OPG
dloggerdme~n |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dloggerdme~n |
dlogminferro |  -.1029772   .0498096    -2.07   0.039    -.2006023   -.0053521
       _cons |   .0064093   .0027458     2.33   0.020     .0010277    .0117909
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
        arch |
         L1. |     .28618   .0712542     4.02   0.000     .1465244    .4258357
       _cons |   .0030539    .000198    15.43   0.000     .0026659    .0034419
```





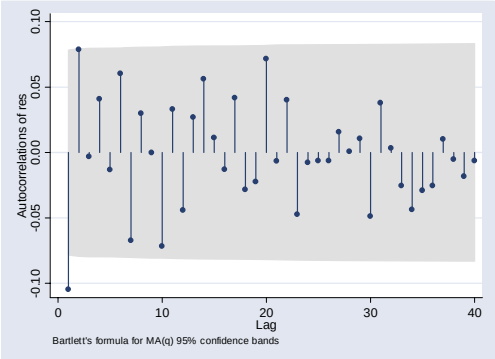
Regressões com o Ibovespa

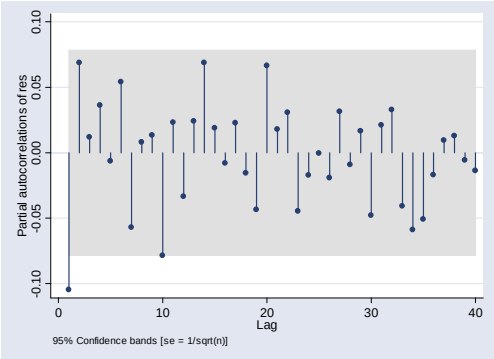
VALEON

```
ARCH family regression

Sample:  1960w3 to 1972w3                       Number of obs     =        625
                                                Wald chi2(1)      =     490.74
Log likelihood =  1133.146                      Prob > chi2       =     0.0000

                                   OPG
dlogvaleon   |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dlogvaleon   |
dlogibovespa |   .7183951   .0324292    22.15   0.000     .6548351    .7819552
       _cons |   .0019505   .0015798     1.23   0.217    -.0011458    .0050468
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
        arch |
         L1. |   .1594787    .054486     2.93   0.003     .0526881    .2662694
       _cons |   .0013427   .0000902    14.88   0.000     .0011658    .0015195
```



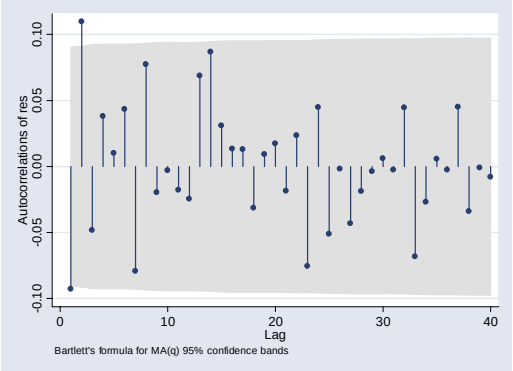


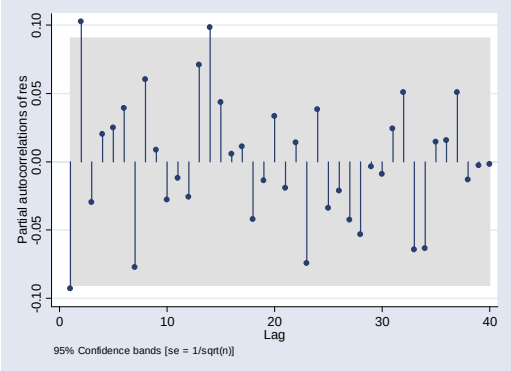
VALEPNA

```
ARCH family regression

Sample:  1963w3 to 1972w3                       Number of obs     =        469
                                                Wald chi2(1)      =       0.07
Log likelihood = -696.2982                      Prob > chi2       =     0.7937

                                   OPG
dlogvalepn |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----------+----------------------------------------------------------------
dlogvalepn |
ibovespa   |  -1.20e-06   4.59e-06    -0.26   0.794    -.0000102    7.79e-06
_cons      |   .0329953    .272162     0.12   0.904    -.5004325     .566423
-----------+----------------------------------------------------------------
ARCH       |
arch       |
        L1 |   .3731419   .1043392     3.58   0.000     .1686408    .5776431
_cons      |   .8421341   .0394703    21.34   0.000     .7647738    .9194944
```



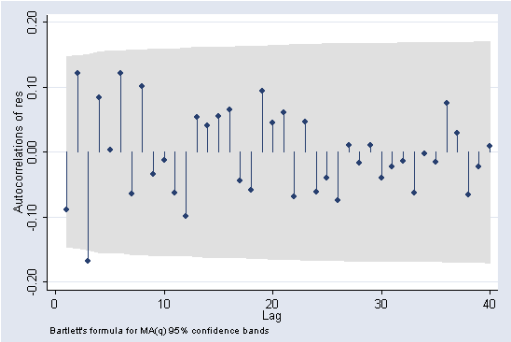


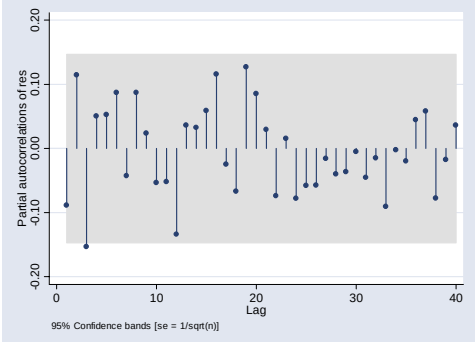
MMXON

```
ARCH family regression

Sample:  1968w34 to 1972w3                      Number of obs     =        178
                                                Wald chi2(1)      =     186.19
Log likelihood =  212.9708                      Prob > chi2       =     0.0000

                                   OPG
dlogmmxon  |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----------+----------------------------------------------------------------
dlogmmxon  |
dlogibovespa|  1.296074    .094985    13.65   0.000     1.109907    1.482241
_cons      |   .0026338   .005348     0.49   0.622    -.0078481    .0131157
-----------+----------------------------------------------------------------
ARCH       |
arch       |
        L1 |   .6433742   .1543744     4.17   0.000     .3408059    .9459425
_cons      |   .0030109   .0002833    10.63   0.000     .0024557    .0035661
```



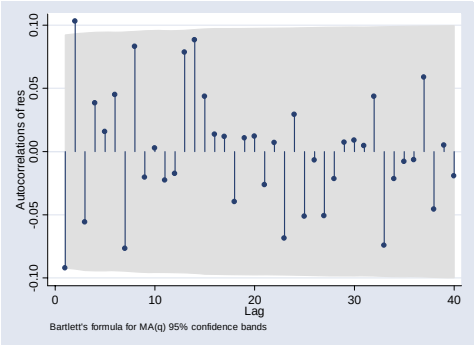


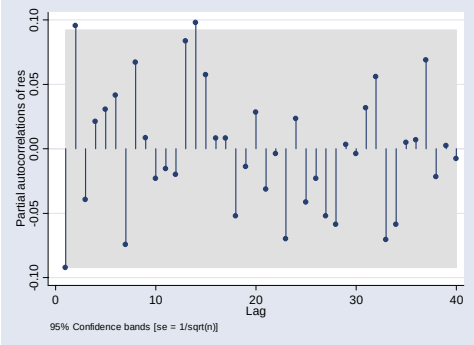
GERDON

```
ARCH family regression

Sample:  1963w20 to 1972w3                      Number of obs     =        452
                                                Wald chi2(1)      =     725.34
Log likelihood =  812.9232                      Prob > chi2       =     0.0000

------------------------------------------------------------------------------
                                 OPG
dloggerdon |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----------+------------------------------------------------------------------
dloggerdon |
dlogibovespa |   1.182542   .0439082    26.93   0.000     1.096484    1.268601
       _cons |   .0003815   .0017566     0.22   0.828    -.0030613    .0038243
-----------+------------------------------------------------------------------
ARCH       |
       arch |
         L1 |   .1479849   .0479369     3.09   0.002     .0540303    .2419395
       _cons |   .0014034   .0000784    17.90   0.000     .0012497     .001557
------------------------------------------------------------------------------
.
```



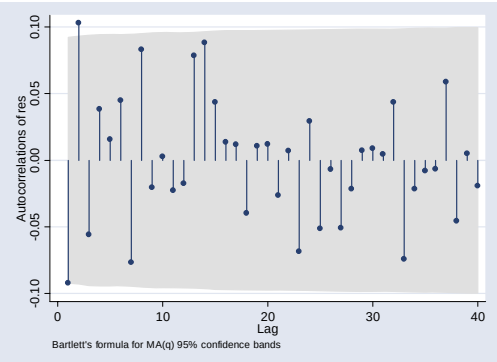


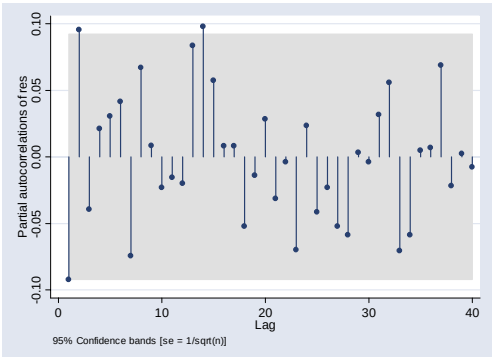
GERDMETPN

```
ARCH family regression

Sample:  1963w20 to 1972w3                      Number of obs     =        452
                                                Wald chi2(1)      =     856.69
Log likelihood =  858.9351                      Prob > chi2       =     0.0000

------------------------------------------------------------------------------
                                 OPG
dloggerdme~n |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dloggerdme~n |
dlogibovespa |   1.302821   .0445115    29.27   0.000     1.21558    1.390062
       _cons |  -.0000372    .001751    -0.02   0.983    -.0034691    .0033946
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
       arch |
         L1 |   .0997163   .0582161     1.37   0.171    -.0143852    .1938177
       _cons |   .0012126   .0000931    13.02   0.000     .0010301    .0013951
------------------------------------------------------------------------------
```





GERDPN

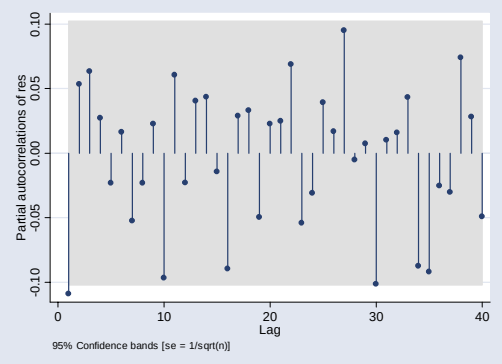
ARCH family regression

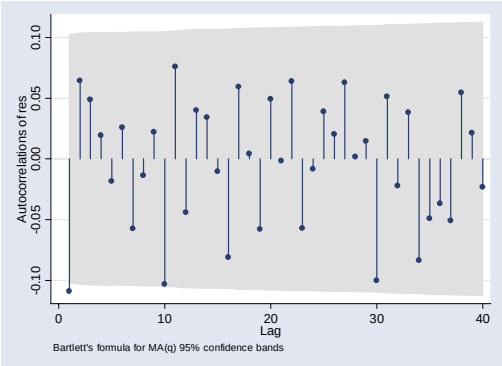
Sample: 1960w16 to 1967w19 — Number of obs = 368

Log likelihood = 119.6556 — Wald chi2(1) = 1529.74

Prob > chi2 = 0.0000

dloggerdpn	Coef.	OPG Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
dloggerdpn						
dlogibovespa	1.700036	.043466	39.11	0.000	1.614844	1.785227
_cons	-.0070809	.0019258	-3.68	0.000	-.0108554	-.0033064
ARCH						
arch L1	3.388729	.1979801	17.12	0.000	3.000745	3.776813
_cons	.0067993	.0008247	8.24	0.000	.0051829	.0084157





GERDMETON

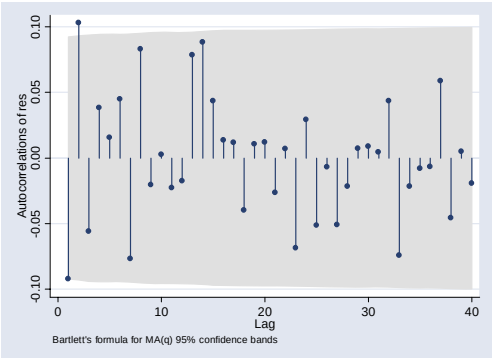
ARCH family regression

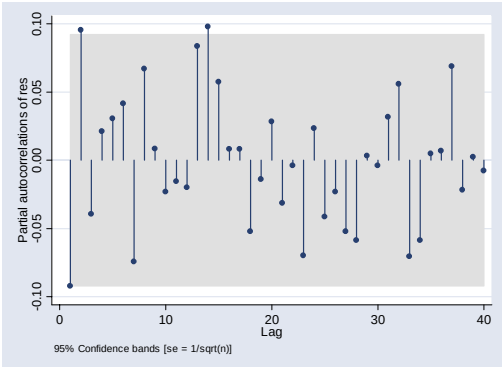
Sample: 1963w20 to 1972w3 — Number of obs = 452

Log likelihood = 729.1906 — Wald chi2(1) = 572.67

Prob > chi2 = 0.0000

dloggerdme~n	Coef.	OPG Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
dloggerdme~n						
dlogibovespa	1.087582	.0454475	23.93	0.000	.9985068	1.176658
_cons	.0013553	.0022713	0.60	0.551	-.0030963	.0058069
ARCH						
arch L1	.2179159	.0603917	3.61	0.000	.0995504	.3362814
_cons	.0019248	.0000941	20.45	0.000	.0017404	.0021092





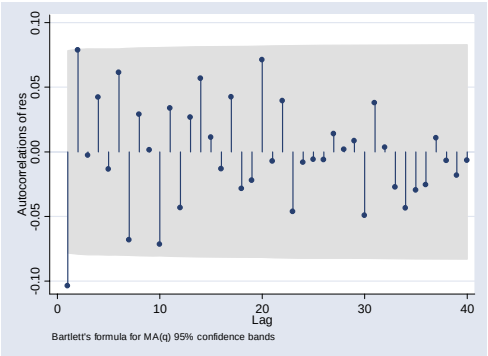
Regressões com o preço do minério de ferro e ibovespa

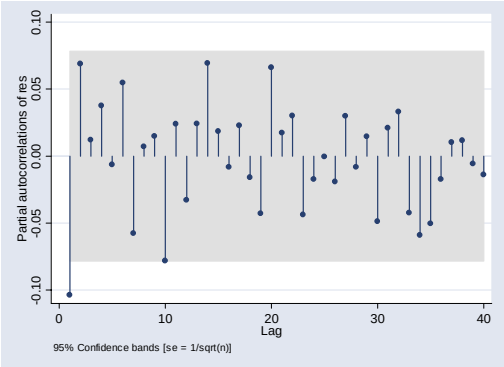
VALEON

```
ARCH family regression

Sample:  1960w3 to 1972w3                       Number of obs     =        625
                                                Wald chi2(2)      =     491.99
Log likelihood =  1133.175                      Prob > chi2       =     0.0000

------------------------------------------------------------------------------
             |                 OPG
dlogvaleon   |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dlogvaleon   |
dlogminferro |  -.0083807   .0582064    -0.14   0.886    -.1224631    .1057018
dlogibovespa |   .7179269   .0324295    22.14   0.000     .6543662    .7814876
       _cons |    .001976   .0015882     1.24   0.213    -.0011367    .0050887
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
       arch  |
         L1  |   .1587258    .054523     2.91   0.004     .0518626    .2655889
       _cons |   .0013436   .0000903    14.87   0.000     .0011665    .0015206
------------------------------------------------------------------------------
```



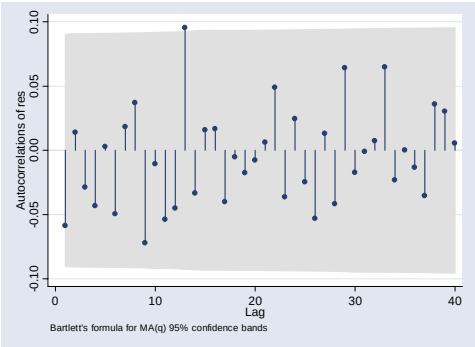


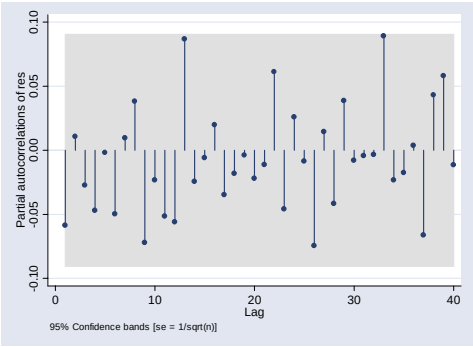
VALEPNA

```
ARCH family regression

Sample:  1963w3 to 1972w3                       Number of obs     =        469
                                                Wald chi2(2)      =      11.24
Log likelihood =   -692.92                      Prob > chi2       =     0.0036

------------------------------------------------------------------------------
             |                 OPG
dlogvalepn   |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dlogvalepn   |
dlogminferro |   2.420662   .7813123     3.10   0.002     .8893184    3.952007
dlogibovespa |   1.877624   1.026011     1.83   0.067    -.1333197    3.888568
       _cons |  -.0305172   .0445702    -0.68   0.494    -.1177144     .056876
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
       arch  |
         L1  |   .3855517   .1072061     3.60   0.000     .1754315    .5956719
       _cons |   .8208872   .0388759    21.12   0.000     .7446918    .8970826
------------------------------------------------------------------------------
```





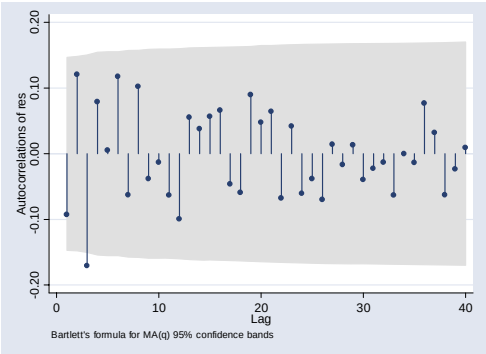
MMXON

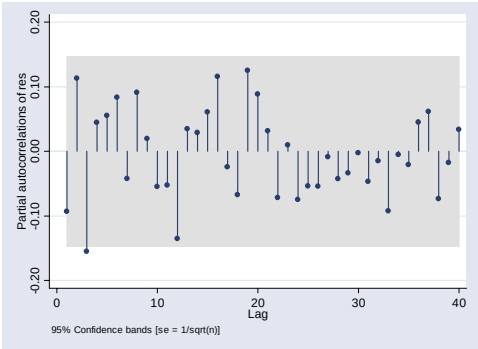
ARCH family regression

Sample: 1968w34 to 1972w3 — Number of obs = 178

Log likelihood = 213.0155 — Wald chi2(2) = 187.48, Prob > chi2 = 0.0000

dlogmxon	Coef.	OPG Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
dlogmxon						
dlogminferro	.0223848	.0952216	0.24	0.814	-.1642461	.2090157
dlogibovespa	1.303282	.0978711	13.32	0.000	1.111458	1.495106
_cons	.0024753	.0055198	0.45	0.654	-.0083432	.0132939
ARCH						
arch L1	.6474067	.1556326	4.16	0.000	.3423724	.952441
_cons	.0029923	.0002823	10.60	0.000	.002439	.0035456





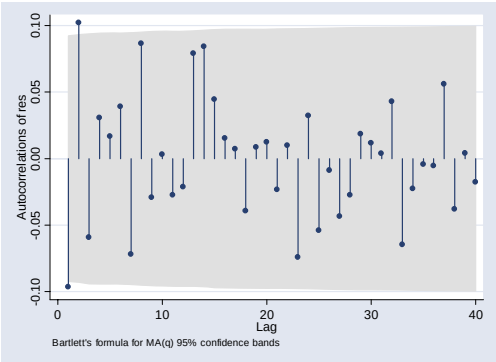
GERDON

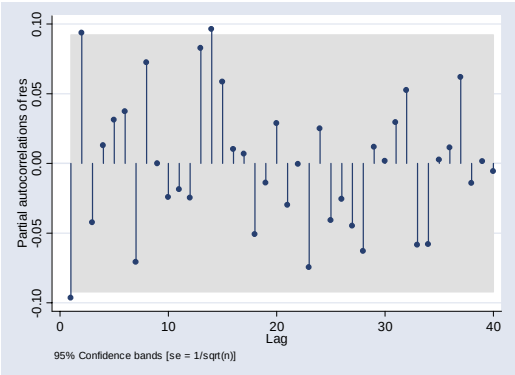
ARCH family regression

Sample: 1963w20 to 1972w3 — Number of obs = 452

Log likelihood = 813.7675 — Wald chi2(2) = 735.03, Prob > chi2 = 0.0000

dloggerdon	Coef.	OPG Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
dloggerdon						
dlogminferro	.0475839	.0688931	0.69	0.490	-.0874442	.1826119
dlogibovespa	1.190872	.0451636	26.37	0.000	1.102353	1.279391
_cons	.0001884	.0017549	0.11	0.915	-.0032512	.003628
ARCH						
arch L1	.149255	.0481237	3.10	0.002	.0549342	.2435758
_cons	.0013972	.0000785	17.80	0.000	.0012434	.001551



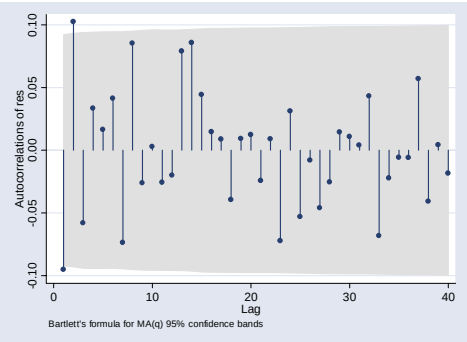


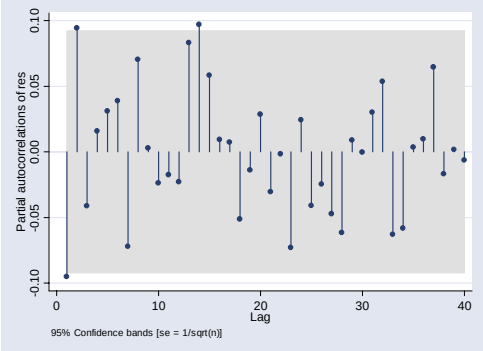
GERDMETPN

```
ARCH family regression

Sample:  1963w20 to 1972w3                      Number of obs     =        452
                                                Wald chi2(2)      =     861.86
Log likelihood =  859.4261                      Prob > chi2       =     0.0000

                                  OPG
dloggerdme~n |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dloggerdme~n |
dlogminferro |   .033633   .065728     0.51   0.609    -.0951915    .1624575
dlogihovespa |  1.308911   .0452694   28.91   0.000     1.220185    1.397638
       _cons |  -.000215   .0017567   -0.12   0.903    -.0036582    .0032281
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
        arch |
         L1. |  .0740021   .0557254    1.33   0.184    -.0352177    .1832218
       _cons |  .0012166   .0000919   13.24   0.000     .0010364    .0013967
-------------------------------------------------------------------------------
```



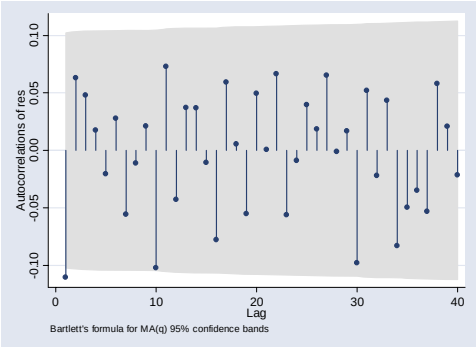


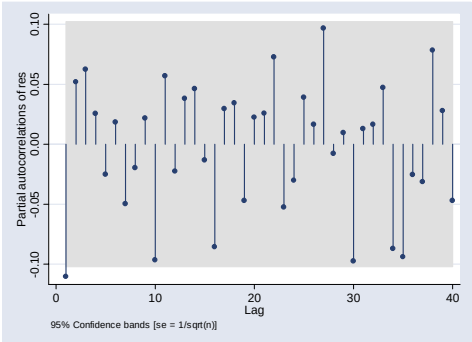
GERDPN

```
Iteration 27:  log likelihood =  119.8102
ARCH family regression

Sample:  1960w16 to 1967w19                     Number of obs     =        368
                                                Wald chi2(2)      =    1527.92
Log likelihood =  119.8102                      Prob > chi2       =     0.0000

                                  OPG
dloggerdpn   |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dloggerdpn   |
dlogminferro |   .0736963   .2164806    0.34   0.734    -.350598    .4979905
dlogihovespa |  1.700629   .0435144   39.08   0.000     1.615342    1.785915
       _cons |  -.0071462   .0019278   -3.71   0.000    -.0109246   -.0033677
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
        arch |
         L1. |  3.387945   .1978887   17.12   0.000     3.000091      3.7758
       _cons |   .006789   .0008225    8.25   0.000      .005177    .008401
-------------------------------------------------------------------------------
.
```



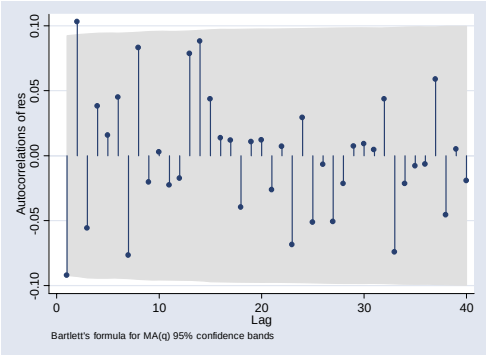


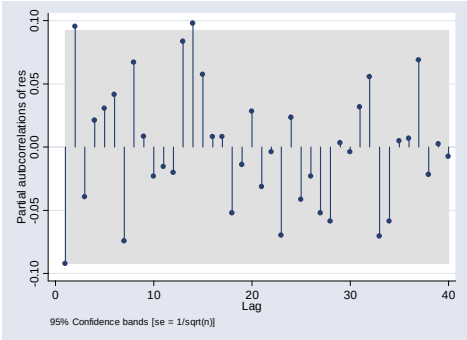
GERDMETON

```
ARCH family regression

Sample:  1963w20 to 1972w3                      Number of obs     =        452
                                                Wald chi2(2)      =     572.69
Log likelihood =  729.1906                      Prob > chi2       =     0.0000

                                   OPG
dloggerdme^n |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dloggerdme^n |
dlogminferro |   .0002903    .059243     0.00   0.996    -.1158238    .1164045
dlogibovespa |   1.087671   .0468714    23.21   0.000     .9958045    1.179537
       _cons |   .0013531   .0022757     0.59   0.552    -.0031072    .0058134
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
       arch  |
         L1  |   .2178385   .0603911     3.61   0.000     .099474     .336203
       _cons |    .001925   .0000961    20.04   0.000    .0017367     .0021132
```





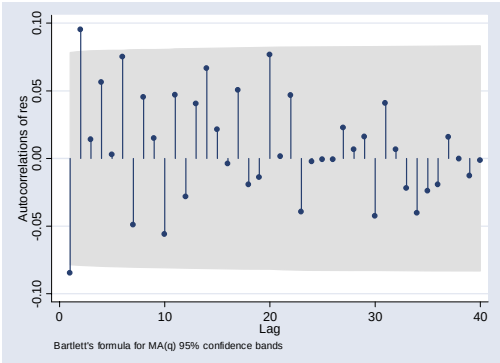
Regressões com preço do minério de ferro, Ibovespa e variáveis dummies (ISE, ICO2, crise)

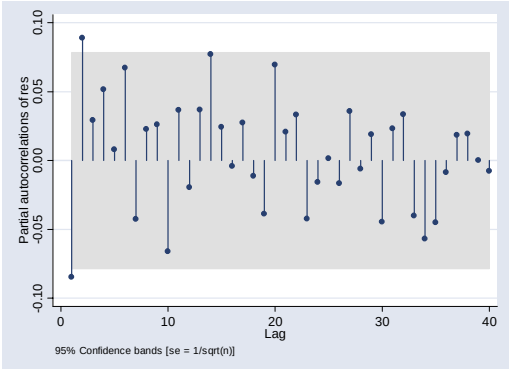
VALEON

```
ARCH family regression

Sample:  1960w3 to 1972w3                       Number of obs     =        625
                                                Wald chi2(4)      =     504.62
Log likelihood =  1135.244                      Prob > chi2       =     0.0000

                                   OPG
dlogvaleon   |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dlogvaleon   |
dlogibovespa |   .7176195   .0324684    22.10   0.000     .6539825    .7812564
dummyise     |  -.0110353   .0157855    -0.70   0.485    -.0419743    .0199038
dummyico2    |   .0089873   .0142998     0.63   0.530    -.0190398    .0370143
dummycrise   |  -.0059409   .0040569    -1.46   0.143    -.0138922    .0020104
       _cons |   .0036854   .0017825     2.07   0.039     .0001918    .0071789
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
       arch  |
         L1  |    .168171   .0563021     2.99   0.003     .057821     .278521
       _cons |   .0013231   .0000906    14.60   0.000     .0011455    .0015007
```



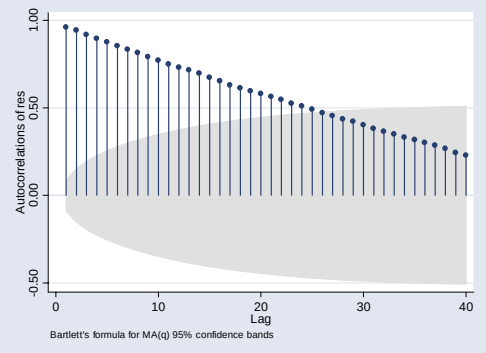


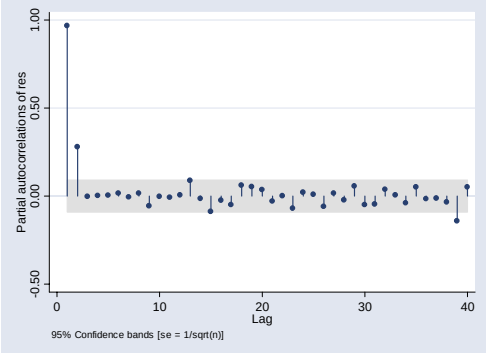
VALEPNA

```
ARCH family regression

Sample:  1963w3 to 1972w3                       Number of obs     =        469
                                                Wald chi2(5)      =     124.28
Log likelihood = -638.6861                      Prob > chi2       =     0.0000

------------------------------------------------------------------------------
                                 OPG
dlogvalepn |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----------+------------------------------------------------------------------
dlogvalepn |
dlogminferro|   .6588692   .6819844     0.97   0.334    -.6777956    1.995534
dlogihovespa|   1.480372   .392333     3.77   0.000     .7114138    2.249331
dummyise   |  -1.848283   .3580358    -5.16   0.000    -2.550021   -1.146546
dummyico2  |   .2786809   .3196982     0.87   0.383    -.3479159    .9052278
dummycrise |   .8427153   .0921473     9.15   0.000      .66231    1.023521
_cons      |  -.0679098   .0304149    -2.30   0.022    -.1275219   -.0102977
-----------+------------------------------------------------------------------
ARCH       |
arch       |
        L1 |   2.297182   .3287987     6.99   0.000     1.652748    2.941616
_cons      |   .2148452   .0143058    15.02   0.000     .1868063    .2428841
------------------------------------------------------------------------------
```





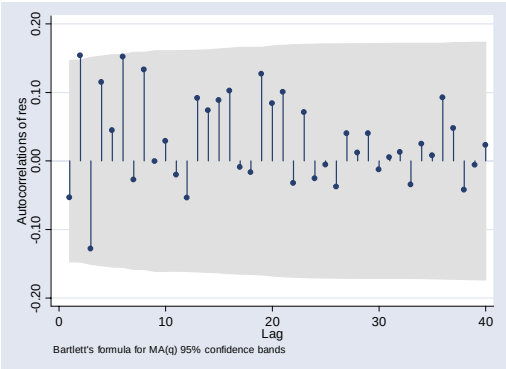
MMXON

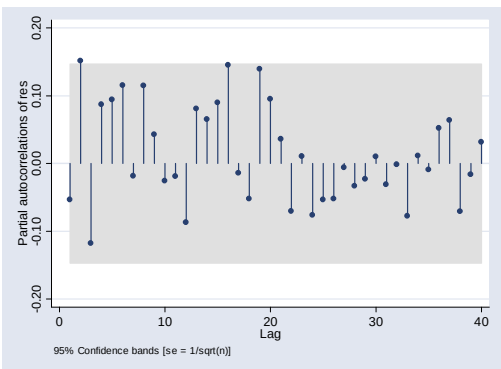
```
Stata Results
iteration 6:   log likelihood =  214.81701
iteration 7:   log likelihood =  215.17615
iteration 8:   log likelihood =  215.22052
iteration 9:   log likelihood =   215.2376
iteration 10:  log likelihood =  215.23834
iteration 11:  log likelihood =  215.23835

ARCH family regression

Sample:  1968w34 to 1972w3                      Number of obs     =        178
                                                Wald chi2(3)      =     238.91
Log likelihood =  215.2383                      Prob > chi2       =     0.0000

------------------------------------------------------------------------------
                                 OPG
dlogmmxon  |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----------+------------------------------------------------------------------
dlogmmxon  |
dlogminferro|   .0207795   .0873913     0.24   0.812    -.1505042    .1920632
dlogihovespa|   1.335079   .0926519    14.41   0.000     1.153484    1.516673
dummyico2  |  -.0194127   .0103259    -1.88   0.060    -.0396512    .0008258
_cons      |   .0127905   .0055881     2.29   0.022     .001838    .023743
-----------+------------------------------------------------------------------
ARCH       |
arch       |
        L1 |   .7319729   .1863028     3.93   0.000     .366826    1.09712
_cons      |   .0026897   .0003866     6.96   0.000     .001932    .0034473
------------------------------------------------------------------------------
.
```



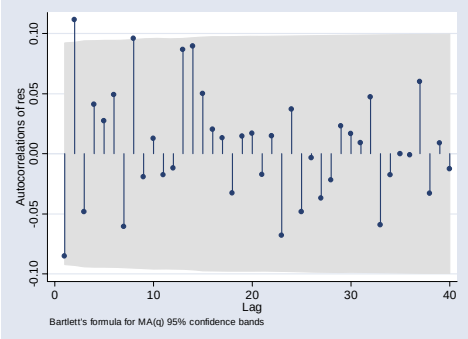


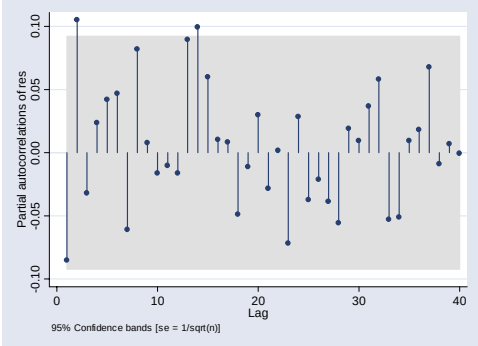
GERDON

```
ARCH family regression

Sample:  1963w20 to 1972w3                      Number of obs     =        452
                                                Wald chi2(4)      =     742.70
Log likelihood =  814.6475                      Prob > chi2       =     0.0000

                                  OPG
dloggerdon |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----------+----------------------------------------------------------------
dloggerdon |
dlogminferro |   .0471983   .0662645     0.71   0.476    -.0826778    .1770744
dlogibovespa |   1.188869   .0447683    26.56   0.000     1.101125    1.276614
dummyise   |   .0014067   .0059135     0.24   0.812    -.0101815    .0129949
dummycrise |  -.0052202   .0062759    -0.91   0.362    -.0180207    .0065802
_cons      |   .0016544   .0022655     0.73   0.465     -.002786    .0060947
-----------+----------------------------------------------------------------
ARCH       |
arch       |
        L1 |   .1459519   .0475292     3.07   0.002     .0527963    .2391074
_cons      |   .0013958   .0000781    17.88   0.000     .0012428    .0015489
```





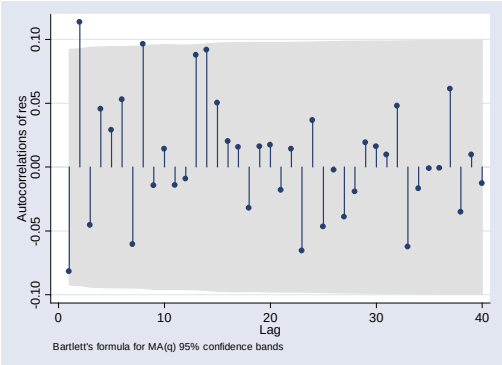
Regressões com o Ibovespa, variáveis dummy (ISE e ICO2) na forma aditiva e crise

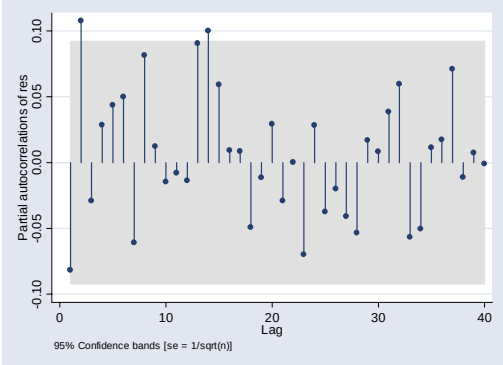
GERDMETPN

```
ARCH family regression

Sample:  1963w20 to 1972w3                      Number of obs     =        452
                                                Wald chi2(4)      =     873.23
Log likelihood =  861.0939                      Prob > chi2       =     0.0000

                                  OPG
dloggerdme~n |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
dloggerdme~n |
dlogminferro |   .0330614   .0603288     0.55   0.584    -.0851808    .1513037
dlogibovespa |   1.303893   .0447944    29.11   0.000     1.216098    1.391688
dummyise     |   .0026718   .0051006     0.52   0.600    -.0073252    .0126688
dummycrise   |  -.0077941   .0051369    -1.52   0.129    -.0178621     .002274
_cons        |   .0013423   .0025485     0.53   0.598    -.0036528    .0063373
-------------+----------------------------------------------------------------
ARCH         |
arch         |
        L1   |   .0661588   .0534419     1.24   0.216    -.0385854    .1709029
_cons        |   .0012166   .0000905    13.45   0.000     .0010392    .0013939
```





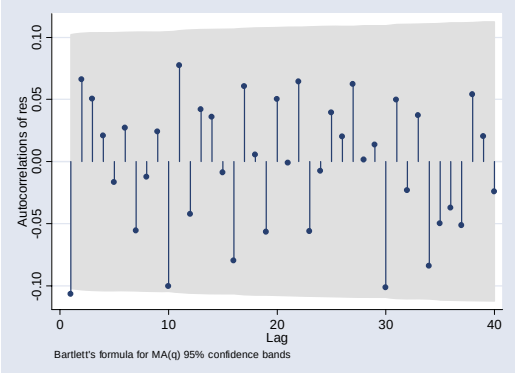
GERDPN

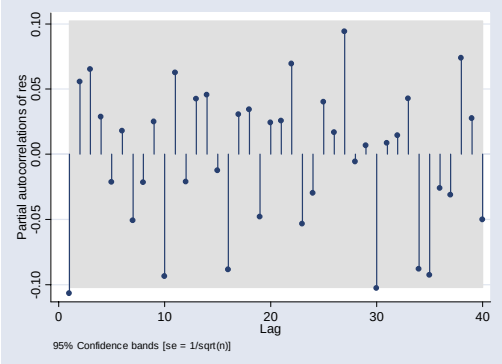
ARCH family regression

Sample: 1969w16 to 1967w19 — Number of obs = 368

Log likelihood = 119.7782 — Wald chi2(2) = 1509.04, Prob > chi2 = 0.0000

dloggerdpn	Coef.	OPG Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
dloggerdpn						
dlogibovespa	1.698324	.0437221	38.84	0.000	1.61263	1.784017
dummyise	.0076413	.0227892	0.34	0.737	-.0370246	.0523073
_cons	-.0075294	.0019301	-3.90	0.000	-.0113123	-.0037465
ARCH						
arch L1	3.39081	.1985642	17.08	0.000	3.001631	3.779989
_cons	.0067225	.0008205	8.25	0.000	.0051642	.0083802





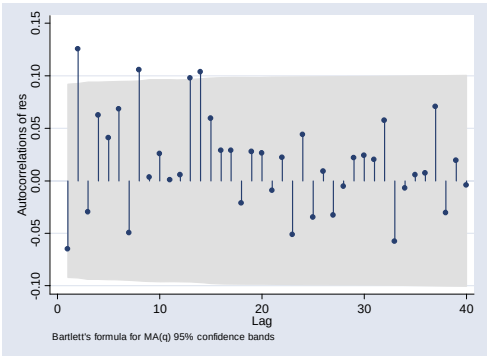
GERDMETON

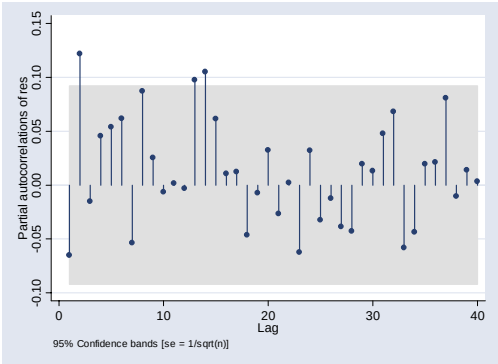
ARCH family regression

Sample: 1963w20 to 1972w3 — Number of obs = 452

Log likelihood = 731.1751 — Wald chi2(3) = 571.92, Prob > chi2 = 0.0000

dloggerdme~n	Coef.	OPG Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
dloggerdme~n						
dlogibovespa	1.078026	.0450955	23.91	0.000	.9896404	1.166411
dummyise	.0004372	.0074788	0.06	0.953	-.014221	.0150955
dummycrise	-.0088291	.0079819	-1.11	0.269	-.0244232	.006815
_cons	.0047923	.0028884	1.66	0.097	-.0008688	.0104533
ARCH						
arch L1	.210176	.0591653	3.55	0.000	.0942142	.3261378
_cons	.0019202	.0000947	20.28	0.000	.0017347	.0021058





10.Anexo IV: Descrição das Empresas Contempladas no Estudo

VALE S.A.

A Vale é a segunda maior mineradora do mundo e a maior empresa privada da América Latina. Com sede no Brasil e atuação em 38 países, a empresa emprega atualmente mais de 126 mil pessoas, entre profissionais próprios e terceirizados (VALE, 2012).

A companhia é a maior produtora mundial de minério de ferro e a segundo maior produtora de níquel. Também produz cobre, carvão, manganês, ferro-ligas, fertilizantes, cobalto e metais do grupo da platina. Atuam também no setor de Logística, Siderurgia e Energia (VALE, 2012).

A companhia está presentes nos cinco continentes, tendo acionistas distribuídos em todos os continentes e ações negociadas nas bolsas de São Paulo, Nova York, Hong Kong, Paris e Madrid (VALE, 2012).

Informações com relação aos resultados operacionais, endividamento, liquidez das ações, investimentos, dentre outras, podem ser encontradas em:

http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/ResumoDemonstrativosFinanceiros.aspx?codigoCvm=4170&idioma=pt-br.

Gerdau S.A.

A Gerdau é líder na produção de aços longos nas Américas e uma das maiores fornecedoras de aços longos especiais no mundo. Possui mais de 40 mil colaboradores e presença industrial em 14 países, com operações nas Américas, na Europa e na Ásia, as quais somam uma capacidade instalada superior a 25 milhões de toneladas de aço. É a maior recicladora da América Latina e, no mundo, transforma, anualmente, milhões de toneladas de sucata em aço. Com cerca de 140 mil acionistas, a Gerdau está listada nas bolsas de valores de São Paulo, Nova Iorque e Madri (GERDAU, 2012).

No Brasil, possui operações em quase todos os Estados, que produzem aços longos comuns, especiais e planos. Seus produtos, comercializados nos cinco continentes,

atendem os setores da construção civil, indústria e agropecuária. Eles estão presentes no dia a dia das pessoas nas mais diversas formas: integram a estrutura de residências, shopping centers, hospitais, pontes e hidrelétricas, fazem parte de torres de transmissão de energia e telefonia, são matéria-prima de peças de automóveis e participam do trabalho no campo (GERDAU, 2012).

Informações com relação aos resultados operacionais, endividamento, liquidez das ações, investimentos, dentre outras, podem ser encontradas em:

http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/ResumoDemonstrativosFinanceiros.aspx?codigoCvm=3980&idioma=pt-br (Gerdau S.A.) e

http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/ResumoDemonstrativosFinanceiros.aspx?codigoCvm=8656&idioma=pt-br (Metalúrgica Gerdau S.A.).

MMX

A MMX é a empresa de mineração do Grupo EBX. A companhia possui operações em jazidas de minério de ferro em Minas Gerais e no Mato Grosso do Sul. A empresa também está presente no Chile, onde detém direitos minerários para a criação de um sistema integrado de minério de ferro (MMX, 2012).

Atualmente, a MMX tem capacidade para produzir 10,8 milhões de toneladas por ano (mtpa) de minério de ferro. A companhia investe na expansão da capacidade total instalada para chegar a uma produção acima de 40 mtpa de minério de ferro (MMX, 2012).

Informações com relação aos resultados operacionais, endividamento, liquidez das ações, investimentos, dentre outras, podem ser encontradas em: http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/ResumoDemonstrativosFinanceiros.aspx?codigoCvm=17914&idioma=pt-br.