

**Núcleo de Inovação e Empreendedorismo**

---

**Inovação no Setor de Energia – Estudo de  
Caso para o Setor de Extração**

Professores: Hugo Ferreira Braga Tadeu e Jersone Tasso Moreira Silva

2013



## **Inovação no Setor de Energia – Estudo de Caso para o Setor de Extração**

Hugo Ferreira Braga Tadeu

Professor e Pesquisador da Fundação Dom Cabral

Jersone Tasso Moreira Silva

Professor e Pesquisador Convidado da Fundação Dom Cabral

### **Resumo**

A Fundação Dom Cabral, por meio do Núcleo de Inovação e Empreendedorismo, deu início em 2013 ao Fórum de Energia, com o objetivo de pesquisar as tendências para o setor, através da identificação das melhores práticas de gestão, inovação e nos desafios de futuro para novas fontes energéticas. Este relatório de pesquisa representa o primeiro, de uma série de textos, que analisarão os preços de energia elétrica no mercado livre, os setores de carvão, metalurgia, óleo & gás, inovações tecnológicas e em modelo de negócio. Como metodologia, a opção foi a adoção das análises de painel e dos modelos cross-section, sendo técnicas econométricas avançadas. Quando estas são combinadas como os modelos de Simulação de Monte Carlo, torna-se possível compreender os cenários de futuro para as séries estudadas, inclusive, realizando estudos setoriais, em busca de diferenciais competitivos. O diferencial dos estudos aqui propostos está na correlação entre dados econômicos, com setoriais, em busca de uma relação de causa e efeito, sugerindo o comportamento para o investimento privado.

Palavras-Chave: inovação, energia, extração.

### **1. Introdução**

A Fundação Dom Cabral, por meio do Núcleo de Inovação e Empreendedorismo, deu início em 2013 ao Fórum de Energia, com o objetivo de pesquisar as tendências para o setor, através da identificação das melhores práticas de gestão, inovação e nos desafios de futuro para novas fontes energéticas.

As etapas do projeto envolvem a coleta de dados públicos disponíveis nas bases do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), IPEA (Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas) e ANP (Agência Nacional do Petróleo), além da realização de entrevistas com executivos e especialistas nos temas trabalhados.

Todas as empresas participantes do Fórum de Energia possuem alta maturidade para o assunto pesquisado, tudo isso alcançado após décadas de investimentos em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I).

Questões que direcionam os trabalhos do Fórum de Energia:

- I. Quais fatores internos e externos à organização são fundamentais para a geração de energia? Como ser competitivo em seu modelo de negócio, considerando o crescente custo energético brasileiro?
- II. Como incluir o tema energia nas estratégias corporativas, de tal forma a estimular práticas sustentáveis e inovadoras?
- III. Qual o futuro para a geração das seguintes fontes energéticas: (i) óleo e gás, (ii) energia elétrica, (iii) carvão, (iv) solar, (v) eólica e (vi) outras fontes renováveis?
- IV. Qual o impacto econômico da energia para as empresas brasileiras, no que tange o custo operacional?

Relacionados as 4 (quatro) questões acima, foram identificados temas relevantes como foco do trabalho do Fórum de Energia:

- I. Quais os determinantes para o investimento público e privado para o setor de energia no Brasil?
- II. Quais os desafios de curto e longo prazo para as empresas brasileiras, considerando o custo energético e a necessidade para a adoção de novas fontes energéticas?
- III. Como implementar estratégias de inovação, de tal forma que as empresas brasileiras pudessem obter destaque no cenário energético internacional?

Esse documento apresenta inicialmente os estudos e principais pontos discutidos sobre os temas relacionados acima e, em seguida, as conclusões e recomendações derivadas do projeto. A sua organização compreende a introdução, metodologia, resultados, conclusões, sugestões para trabalhos futuros e referencial adotado.

Finalmente, este é o primeiro de uma série de relatórios sobre o setor de energia. As próximas pesquisas a serem publicadas e respectivas datas em 2014 são:

- Janeiro: Preços da energia elétrica no mercado livre.
- Fevereiro: Setores carvão e metalurgia.
- Março: Setor óleo e gás.
- Abril: energias renováveis, através de estudos do alumínio (energia solar) e níquel (eólica).
- Junho: impactos dos setores de energia na competitividade brasileira.
- Agosto: inovações tecnológicas e modelos de negócio para as empresas do setor de energia no Brasil.
- Outubro: análises cruzadas dos resultados dos relatórios produzidos pela pesquisa.
- Novembro: relatório final do projeto de pesquisa e trabalhos futuros.

## 2. Metodologia: Modelo Econométrico de Energia FDC

O modelo econométrico proposto está direcionado para empresas do setor energético e combina a utilização de uma série de dados associados ao desempenho econômico – observando o comportamento das empresas, aspectos produtivos e crescimento.

Nesse modelo, desenvolvido em 5 (cinco) etapas de trabalho, são apresentados dados para o período 1996 – 2011, sendo esses relevantes para determinar as análises do Setor de Extração brasileira, em um primeiro momento. As etapas são:

### Etapa 1: Modelo *Cross-Section* e Coeficientes Fixos

A utilização do Modelo *Cross-Section* ou dados longitudinais ocorre em razão de possuírem observações nas dimensões tempo e dados, conforme a Tabela 1.

Setor	10	11
	Produção Industrial	Produção Industrial
2000	220617,8	114701,7
2001	180912,8	5881983
2002	188537,4	681546,3
2003	192414,9	669761,6
2004	240939	1041252
2005	258111,1	11113071
2006	247165,7	11691207
2007	267043,5	11387368
2008	344468,9	12849803
2009	304677,3	72105,27
2010	281526,9	326561,2
2011	284809,3	813592,6

Tabela 1. Exemplo de Dados Utilizados

Fonte: IBGE (2011)

## Etapa 2: Teste dos Dados Utilizados

O primeiro modelo econométrico adotado tem por objetivo testar os dados macroeconômicos e microeconômicos que porventura tenham impacto inibidor nos investimentos privados no setor de extração.

Foram utilizados os dados fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) disponíveis na Pesquisa Industrial Anual e discriminados por setor de acordo com o CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) para o período de 1996 a 2011. Essa periodização se deve à disponibilidade dos dados, a qual, a partir de 1996, sofreu alterações em termos da classificação das atividades e de metodologia de amostragem. Os dados obtidos estão em milhares de Reais e foram deflacionados a preços de 1995.

Com o intuito de explicar os efeitos das variáveis econômicas sobre o investimento privado do setor de extração foram escolhidas as seguintes variáveis para o modelo funcional:

- $\text{Invest}_{\text{priv}} = f(\text{VBPI}, \text{COP}, \text{RLV}, r, \text{PIB}, \text{InvPub}, \text{InvnPub}, E) \quad (1)$

Em que:

- $\text{Invest}_{\text{priv}}$  = gastos com investimentos setoriais; os dados referem-se às Aquisições de Ativo Imobilizado (Máquinas e Equipamentos) dos setores de extração.
- VBPI = nível de atividade econômica setorial; os dados referem-se ao Valor Bruto da Produção Industrial por setor de extração.
- COP = Custo das Operações; compreendem o total dos custos diretos e indiretos de fabricação.
- RLV = Receita Líquida de Venda.
- R = Taxa de Juro Real (%); representa a taxa de juros nominal dos Certificados de Depósito Bancário (CDB), deflacionada pelo Índice Geral de Preços (IGP-DI) e anualizada.
- PIB = Produto Interno Bruto; utilizou-se o deflator implícito do PIB.
- INV PUB INFRA = Investimentos Públicos em Infraestrutura; são os investimentos feitos em energia elétrica, telecomunicações e transportes (rodovias, ferrovias e portos).
- INV PUB N INFRA = Investimentos Públicos em não Infraestrutura; são os investimentos públicos não relacionados com infraestrutura.
- E = Taxa de câmbio Real.
- D = *Dummy*; variável de controle para períodos de instabilidade política e econômica.

A partir do modelo econométrico geral, propõe-se um modelo logaritmo natural para os investimentos privados, de tal forma a avaliar as elasticidades no longo prazo:

- $\text{LogInvest\_priv}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{LogVBPI}_{it-1} + \beta_2 \text{LogCOP}_{it} + \beta_3 \text{LogRLV}_{it} + \beta_4 R_{it} + \beta_5 \text{LogPIB}_{it} + \beta_6 \text{LogINVPUBINFRA}_{it} + \beta_7 \text{LogINVPUBNINFRA}_{it} + \text{Log}_8 E + D + \varepsilon_t$  (2)

em que  $\varepsilon_t$  é um distúrbio aleatório.

Com os dados gerados em (2) é possível analisar o comportamento das taxas de crescimento das variáveis selecionadas para os setores de extração já que essas estão expressas em logaritmo natural.

A seguir serão estimadas seis (6) equações para avaliar os impactos das variáveis propostas nos investimentos privados na Indústria de Extração. Tais resultados servirão de base para a estimação e análise dos coeficientes fixos setoriais.

As seis (6) equações estimadas são determinadas a seguir:

- Equação 1:  $\text{LogInvest\_priv} = f(\text{LogVBPI}(-1), \text{LogCOP}, \text{LogRLV})$
- Equação 2:  $\text{LogInvest\_priv} = f(\text{LogVBPI}(-1), \text{LogCOP}, \text{LogRLV}, R)$
- Equação 3:  $\text{LogInvest\_priv} = f(\text{LogVBPI}(-1), \text{LogCOP}, \text{LogRLV}, R, \text{LogPIB})$
- Equação 4:  $\text{LogInvest\_priv} = f(\text{LogVBPI}(-1), \text{LogCOP}, \text{LogRLV}, R, \text{LogPIB}, \text{LogINVPUBINFRA})$
- Equação 5:  $\text{LogInvest\_priv} = f(\text{LogVBPI}(-1), \text{LogCOP}, \text{LogRLV}, R, \text{LogPIB}, \text{LogINVPUBINFRA}, \text{LogINVPUBNINFRA})$
- Equação 6:  $\text{LogInvest\_priv} = f(\text{LogVBPI}(-1), \text{LogCOP}, \text{LogRLV}, R, \text{LogPIB}, \text{LogINVPUBINFRA}, \text{LogINVPUBNINFRA}, \text{LogE}, \text{Dummy})$

A Tabela 2 apresenta os quatro setores que compõem a indústria de extração brasileira, e um subsetor, segundo a divisão de atividades e a respectiva classificação CNAE, que identifica os setores industriais.

CNAE	Indústria de Extração
10	Extração de carvão mineral
11	Extração de petróleo e gás natural
13	Extração de minerais metálicos
13.1	Extração de minério de ferro
14	Extração de minerais não-metálicos

Tabela 2. Indústria de Extração: Setores de Extração Brasileiros

Fonte: IBGE (2011)

### Etapa 3: Teste dos Dados Utilizados

Os resultados obtidos pela equação (2) proporcionam informações necessárias para identificar as variáveis que influenciam, de forma significativa, os investimentos privados no setor da indústria de extração. O modelo utilizado é o Modelo de Efeitos Fixos.

O modelo de efeitos fixos é a melhor opção para modelar os dados em painel, conforme etapa 1. Além disso, como o intercepto do modelo é tratado como um parâmetro fixo, também é desejável utilizar efeitos fixos quando as observações são obtidas de toda a população e o que se deseja fazer são inferências para os indivíduos dos quais dispõe dos dados.

Nesse caso, cada coeficiente setorial estimado corresponde ao *efeito puro* de cada setor, ou seja, é a diferença do investimento médio de determinado setor, em relação à média anual por setor. Assim, o coeficiente representa o investimento realizado que está relacionado aos fatores específicos de cada setor de extração, independente das variáveis inseridas no modelo.

### Etapa 4: Cross-Section do Investimento Privado

Esta etapa é composta pelas seguintes análises:

- I. *Cross-Section* do investimento privado, sendo a primeira determinada pela equação (1) que analisa o investimento privado para o setor de extração de minerais metálicos (CNAE 13);
- II. Estimativas do setor de extração do setor de minerais metálicos (CNAE 13) versus o subsetor extração de minério de ferro (CNAE 13.1).
- III. Finalmente, a equação (2) que estima o subsetor de extração de minério de ferro (CNAE 13.1).

As equações estimadas foram:

- Equação 1:  $\text{LogINVEXT}_{13} = f(\text{LogVBPI}_{13}, \text{LogCOP}_{13}, \text{LogRLV}_{13})$
- Equação 2:  $\text{LogINVEXT}_{13} = f(\text{LogVBPI}_{13.1}, \text{LogCOP}_{13.1}, \text{LogRLV}_{13.1})$
- Equação 3:  $\text{LogINVEXT}_{13.1} = f(\text{LogVBPI}_{13.1}, \text{LogCOP}_{13.1}, \text{LogRLV}_{13.1})$

### Etapa 5: Simulação de Monte Carlo

A Simulação de Monte Carlo é descrita como um método estatístico, em que uma sequência de distribuições de frequência são utilizadas para a simulação. Este método foi desenvolvido por pesquisadores nos Estados Unidos, na década de 50, com vistas a solução de problemas complexos. As etapas para o processo de simulação são:

- I. Dados de entrada.



- II. Objetivos da simulação, isto é, maximizar ou minimizar os dados de entrada pesquisados.
- III. Definição do modelo econométrico.
- IV. Utilização de sistema computacional, como apoio a simulação.
- V. Resultados alcançados.

Tradicionalmente, simulações estatísticas são utilizadas para a tomada de decisão, com o emprego de sistemas computacionais para uma modelagem mais ágil.

Em muitas aplicações empresariais, a Simulação de Monte Carlo é realizada com o apoio do sistema RiskSim, conforme as Figuras 1 e 2, sem a necessidade de descrever equações matemáticas complexas, bem como estabelecer a probabilidades do problema.

Os resultados desejados para a Simulação de Monte Carlo estão associadas a maximização, minimização e ao cálculo do risco para as variáveis em estudo. Busca-se com o método, a simulação (tentativas históricas) de grandezas, podendo ser previsto o erro.

A característica essencial da Simulação de Monte Carlo está no uso de técnicas de amostragens, através de variáveis discretas e a busca por soluções com o emprego de equações diferenciais. Para este estudo são avaliadas as variáveis da Equação 1.

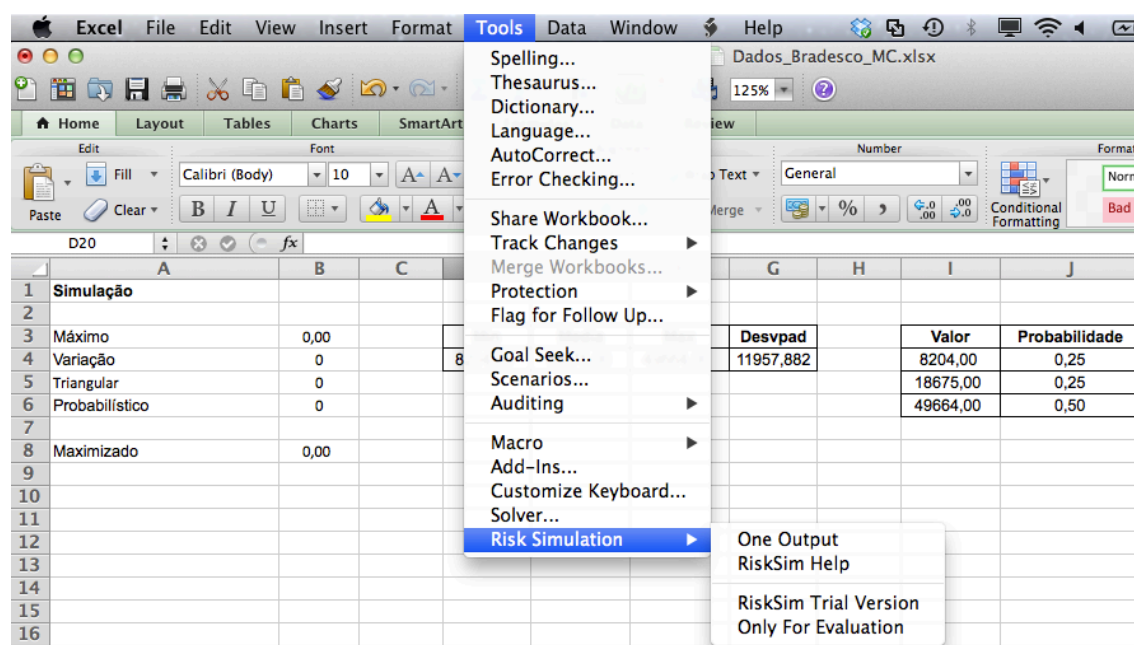


Figura 01 – Sistema RiskSim e Excel

Fonte: risksim.com (2013)



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<b>Simulação</b>										
Máximo		0,00		<b>Min</b>	<b>Media</b>	<b>Max</b>	<b>Desvpad</b>		<b>Valor</b>	<b>Probabilidade</b>
Variação		0		8204,00	18675,00	49664,00	11957,882		8204,00	0,25
Triangular		0							18675,00	0,25
Probabilístico		0							49664,00	0,50
Maximizado		0,00								

RiskSim 2.42 Trial for Evaluation

One Output

Output Label Cell (Optional)

Output Formula Cell

Random Number Seed

Number Of Trials

Figura 02 – Sistema RiskSim e Tela de Simulação

Fonte: risksim.com (2013)

### 3. Resultados Alcançados

Os resultados apresentados são divididos em 6 (seis) etapas, buscando analisar o comportamento das variáveis estudadas da seguinte forma:

- I. Analisar o comportamento das taxas de crescimento das variáveis investimento, valor bruto da produção industrial, custo operacional industrial e receita líquida de venda para os setores da Tabela 2.
- II. Apresentar os testes de estacionaridade.
- III. Analisar os resultados econométricos para os dados disponíveis.
- IV. Analisar os resultados dos coeficientes com efeitos fixos.
- V. Analisar o *cross-section* do investimento privado para o setor extração de minerais metálicos e subsetor de extração de minério de ferro.
- VI. E por fim, apresentar as análises do Método de Monte Carlo para o período 2011-2018, sendo o período estipulado pelo Núcleo de Inovação e Empreendedorismo e empresas associadas ao projeto de pesquisa.

#### **Etapas 1: Comportamento das Taxas de Crescimento das Variáveis Investimento**

As variáveis expressas em logaritmo natural expressam as taxas de crescimento para as variáveis selecionadas. O Gráfico 1 representa as taxas de crescimento para a variável investimento privado segundo os setores da Tabela 2.

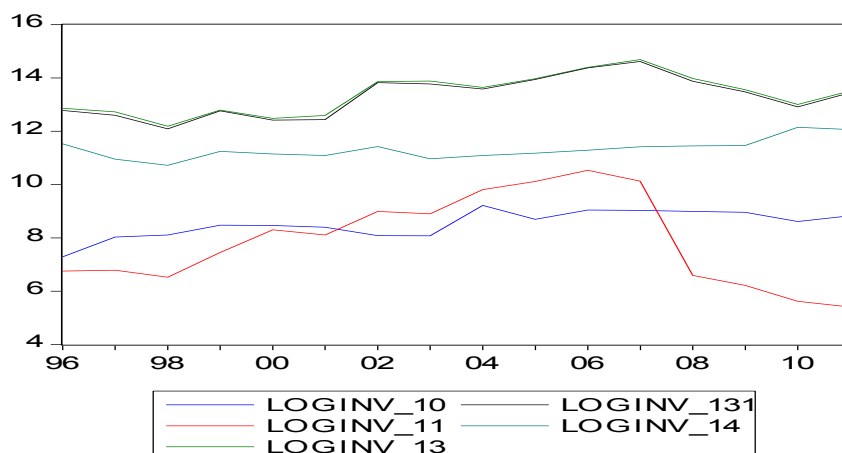


Gráfico 1. Taxa de crescimento do investimento

Fonte: Resultados da pesquisa

O Gráfico 1 sugere um crescimento elevado e contínuo do investimento em todos os setores indicando o pico no período que antecede 2008 (crise financeira mundial). Como consequência da crise, observa-se que o setor 11 sofreu a maior queda se comparado com os demais setores. O Gráfico 1 indica também que os setores analisados sofreram pequenas quedas nos investimentos nos períodos onde ocorreram as crises econômicas mundiais. O setor 13 e 13.1 indicam os maiores níveis de investimentos se comparados com os demais setores. O setor 10 e 14, apesar das baixas taxas de crescimento, apresentaram níveis de investimentos constantes e crescentes.

O Gráfico 2 representa as taxas de crescimento para a variável valor bruto da produção industrial. Tal variável indica o nível de atividade econômica setorial.

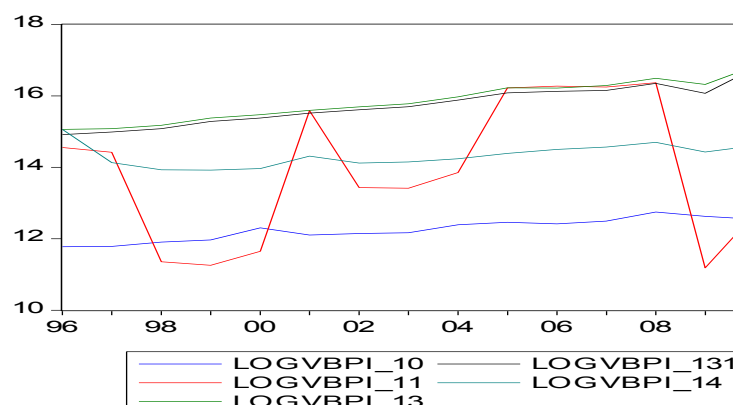


Gráfico 2. Taxa de crescimento do valor bruto da produção industrial

Fonte: Resultados da pesquisa

O Gráfico 2 mostra excessiva oscilação na taxa de crescimento do valor bruto da produção industrial para o setor 11, o que mostra a nítida dependência dos efeitos provocados pelas crises econômicas mundiais. Contudo, observa-se que os níveis de crescimento apresentados para o setor 11 se igualou ao setor 13 e 13.1 em dois momentos, 2001 e no período de 2005 a 2008. Para os setores 10 e 14, apesar das baixas taxas, apresentaram crescimentos estável ao longo do tempo.

O Gráfico 3, indica a taxa de crescimento dos custos operacionais industriais para os setores analisados.

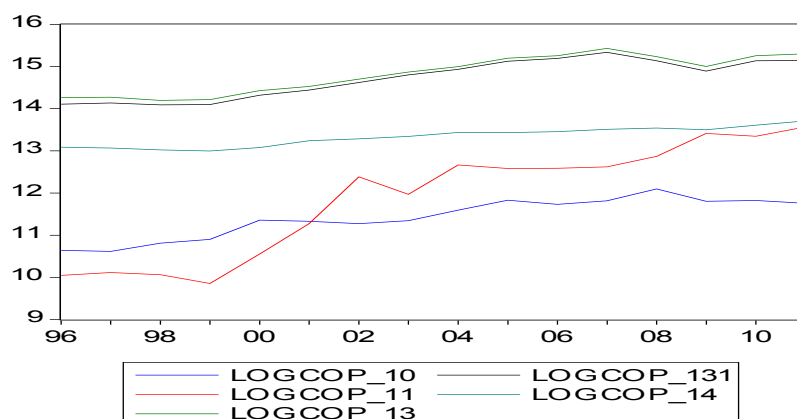


Gráfico 3. Taxa de crescimento do custo operacional industrial

Fonte: Resultados da pesquisa

O Gráfico 3 sugere que os setores 13 e 13.1 apresentam os níveis mais elevados de custos operacionais se comparados com os demais setores. Tem-se também que ao longo do tempo os mesmos tem se apresentado crescentes indicando uma pequena queda no período pós 2008. Para os setores 10 e 14 os custos operacionais tem se mostrado crescente ao logo do período avaliado. Já para o setor 11 a taxa de crescimento dos custos operacionais se mostraram excessivamente crescentes, se comparados com os demais setores da indústria de extração.

O Gráfico 4, a seguir, mostra a taxa de crescimento da receita líquida de vendas para os setores 10, 11, 13, 13.1 e 14.

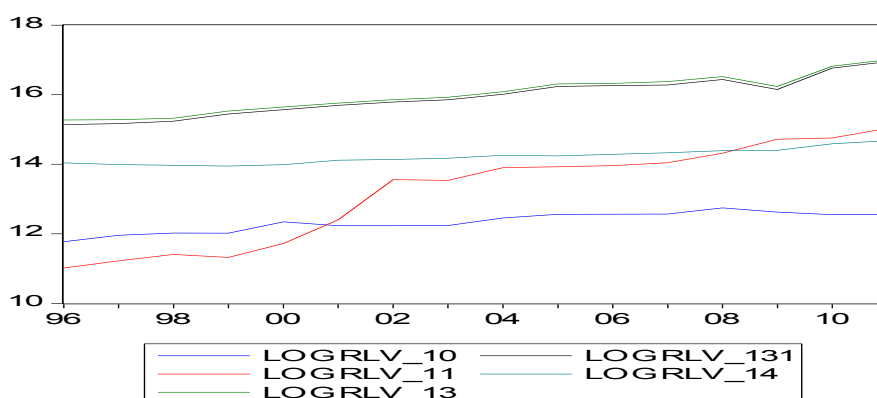


Gráfico 4. Taxa de crescimento das receitas líquidas de vendas

Fonte: Resultados da pesquisa

O Gráfico 4 indica que os setores 13 e 13.1 apresentam os níveis mais elevados, se comparados com os demais setores. Tem-se também que ao longo do tempo os mesmos tem se apresentado crescimentos indicando uma pequena queda no período pós 2008. Para os setores 10 e 14 a taxa de crescimento para as receitas líquidas de vendas tem se mostrado crescente ao longo do período avaliado. Já para o setor 11 a taxa de crescimento sofreu uma súbita elevação ao longo do período de 1999 a 2002, e em seguida mostrou crescimento contínuo e estável.

## Etapa 2: Teste de Estacionaridade

Para a análise econométrica, todas as variáveis, com exceção da taxa de juros real, foram log-linearizadas utilizando-se o logaritmo natural e as demais séries foram calculadas a preços constantes de 1995.

Como ocorre no estudo de séries temporais, a existência de raiz unitária em dados de painel pode fazer com que as relações econométricas estimadas sejam espúrias. Para evitar esse problema, as variáveis foram submetidas aos testes de raiz unitária Levin, Lin e Chu (LLC), Im, Pesaran e Smith, (IPS), Fisher ADF e Fisher PP. O teste LLC assume a existência de uma raiz unitária comum, tal que  $\rho_i$  é idêntico para todas as *cross-section*, ou todos os setores industriais (onde coeficiente de autocorrelação é  $\alpha = \rho - 1$ ). Já os testes IPS, Fisher-ADF e Fisher-PP, assumem que o coeficiente  $\rho_i$  pode variar conforme o setor industrial em questão, caracterizando-se pela combinação de testes de raiz unitária individuais, derivando um resultado painel-específico.

	Raíz Unitária Comum		Raíz Unitária Individual		Ordem de Integração
	LLC	IPS	Fisher ADF	Fisher PP	
LogInv_Pri	-2,0243	-1,0146	15,4443	15,5092	I(0)
v					
LogVBPI	-1,5401	-0,3463	6,1521	18,0841	I(0) ou I(1)
LogCOP	-1,3211	-1,2507	3,0069	7,0761	I(0)
LogRLV	-5,2421	-2,4812	20,9721	17,4170	I(0)
R	-6,1459	-2,4812	20,9721	17,1065	I(0)
LogY	- 3,433	-	- 3,4610	- 2,1300	I(0)
		3,0105			
LogINVPU	- 1,169	-	- 3,0810	- 2,6813	I(0)
BINFRA		3,9591			
LogINVPU	- 0,771	-	- 3,0810	- 2,6813	I(0)
BNINFRA		3,9591			
LogE	-1,9957	-0,0058	33,8701	36,5349	I(0)

Tabela 3. Resultados dos testes de estacionaridade para as variáveis no modelo de investimento privado

Fonte: Resultados da pesquisa

No caso da variável VBPI, uma possível explicação para esse fato é justamente a heterogeneidade entre os diversos setores industriais, que, naturalmente, possuem dados de natureza quantitativa e qualitativa distintos, fazendo com que a média das estatísticas individuais forneça resultados que sugerem a existência de raiz unitária individual. No entanto, como a variável produção industrial exhibe tendência temporal e, com base nos testes LLC e Fisher PP, optou-se por utilizar a variável em nível.

Em relação às variáveis macroeconômicas (R, PIB, INVPU, BINFRA, INVPUB, BNINFRA, E), os resultados para o período considerado (1996-2011) indicam que estas são estacionárias, não apresentam raiz unitária comum nem individual. A única exceção é feita em relação à série da taxa de câmbio (E), que precisa ser diferenciada para tornar-se estacionária.

Nesse caso, em que os dados utilizados não são extrações aleatórias de uma amostra maior, o modelo de efeitos fixos é o método de estimação mais adequado. Além disso, no modelo de efeitos fixos o estimador é robusto à omissão de variáveis explanatórias relevantes que não variem ao longo do tempo, e, mesmo quando a abordagem de efeitos randômicos é válida, o estimador de efeitos fixos é consistente, apenas menos eficiente. Portanto, a estimação por efeitos fixos pareceu ser a mais apropriada para os modelos de investimento setorial.

### Etapa 3: Resultados Econométricos para os Dados Disponíveis

Os resultados da Tabela 4 indicam que as variáveis valor bruto da produção industrial defasado (LogVBPI(-1)), custos operacionais (LogCOP) e receitas líquidas de vendas (LogRLV) foram relevantes na explicação do investimento privado.

A taxa de juros real (R) apresentou sinal negativo e esperado pela teoria econômica geral. No entanto, os coeficientes são de magnitude próxima a zero, indicando que, no período de 1996 a 2011 variações nas taxa de juros real não impactaram de forma efetiva o investimento do setor privado, como explicado atualmente para os investimentos privados em infraestrutura, justamente em período de aumento das taxas de juros pelo Banco Central.

Estimação por Efeitos Fixos – Variável Dependente: Investimento Privado 1996-2011

Variáveis Explicativas <sup>(1)</sup>	EQ1	EQ2	EQ3	EQ4	EQ5	EQ6
C	-7.8999 [-0,312] (0,7570)	-8.1515 [-0,792] (0,8179)	15.593 [1.9492] (0,0512)	16.604 [1.9500] (0,0550)	19.847 [1.1589] (0,2503)	16.644 [0.8501] (0,3981)
LogVBPI(-1)	0.2402 [3,0732] (0,0042)	0.2906 [3,5707] (0,0016)	0.3397 [2.1198] (0,0374)	0.3476 [2.1642] (0,1606)	0.3449 [2.1285] (0,1629)	0.3383 [2.0739] (0,1631)
LogCOP	2.0878 [0,6921] (0,4937)	2.0256 [0,1461] (0,8847)	2.0707 [0,2924] (0,5152)	2.1363 [0,3131] (0,4482)	2.1191 [0,3294] (0,9867)	2.0774 [0,3461] (1,8934)
LogRLV	-0.8440 [-0,307] (0,7645)	-0.8322 [-0,458] (0,9745)	-0.9023 [-2,864] (0,6054)	-0.9678 [-2,927] (0,4590)	-0.9491 [-2,7335] (0,3472)	-0.90492 [-2,4828] (0,3644)
R		-0.0174 [-1,668] (0,0104)	-0.0140 [-0,917] (0,0109)	-0.0156 [-0,954] (0,3431)	-0.0169 [-0,9770] (0,3318)	-0.0179 [-1,0052] (0,3182)
LogPIB			1.7323 [2,9829] (0,5807)	1.8302 [2,8179] (0,6495)	2.0875 [1,5555] (1,3420)	1.8232 [1,5571] (1,1709)
LogINVPUBINFRA				0.0378 [0,2438] (0,8080)	0.0410 [0,2622] (0,1563)	0.0376 [0,2353] (0,1599)
LogINVPUBNINFRA					0.029304 [0,2200] (0,1331)	0.0003 [0,0024] (0,1583)
LogE						-0.0964 [-0,3351] (0,2877)
Dummy						-3,6545

						[-2,3861] (0,9972)
R-squared	0.9940	0.9900	0.8128	0.9903	0.9904	0.8564
Adjusted R-squared	0.9938	0.9895	0.8001	0.9895	0.9894	0.7918
S.E. of Regression	0.9413	0.8590	1.1196	0.7983	0.8034	1.1427
DW stat	1,0076	1.1116	1.1107	1,2955	0.9063	1.4170
Prob (F-statistics)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 4: Equações de Investimento Setorial

Fonte: Resultados da pesquisa

Obs: (1) Estatística-t em colchete, seguida de p-valores em parênteses.

A importância da relação entre valor bruto da produção industrial, custos operacionais e receita líquida de venda sobre o investimento privado é confirmada na estimação da Equação 1.

Os resultados mostram que aumentos no VBPI elevam os investimentos nos períodos seguintes. No caso dos custos operacionais os resultados indicam uma relação positiva o que determina que se ocorrer uma elevação de 1% nos custos operacionais provocará uma elevação no investimento privado de 2,08%. Tal comportamento se mantém ao longo das equações testadas. Para a variável receita líquida de venda observa-se uma relação negativa o que pode ser explicada pela falta de liquidez no setor de extração. O impacto negativo da referida variável se repete ao se adicionar a demais variáveis de análise. O modelo analisado apresentou um grau geral de explicabilidade satisfatório ( $R^2 = 0.99$ ).

O impacto da taxa de juros é testada na Equação 2. O coeficiente da variável se apresentou negativo. Isso indica o efeito negativo dos juros no volume de investimentos do setor de extração, apesar da baixa significância estatística. O impacto negativo do juro aparece ao longo das demais equações analisadas. Já na Equação 3 observa-se uma relação positiva do PIB sobre os investimentos privados e isso pode ser comprovado. As Equações 2 e 3 apresentaram um grau geral de explicabilidade satisfatório com  $R^2 = 0.98$  e  $R^2 = 0.80$ , respectivamente.

O impacto do investimento público em infraestrutura (LogINVPUBINFRA) e em não infraestrutura (LogINVPUBNINFRA) sobre o investimento do setor privado, é testado na Equação 4 e Equação 5. O coeficiente da variável investimento público em infraestrutura foi pouco significativo, apesar de ter apresentado sinal positivo, indicando que o investimento público tende a complementar o investimento privado. Isso se dá em razão do setor investir recursos próprios em infraestrutura de escoamento, transporte e energia. As Equações 4 e 5



apresentaram um grau geral de explicabilidade satisfatório com  $R^2 = 0.98$  e  $R^2 = 0.98$ , respectivamente.

O coeficiente estimado para a taxa de câmbio foi negativo, sugerindo que uma taxa de câmbio mais desvalorizada desestimula a importação de bens de capital, pelo menos no curto prazo e eleva os compromissos financeiros das empresas endividadas externamente. A Equação 6 testa também todas as variáveis juntas, incluindo a variável *dummy* de controle. Os sinais se mostram coerentes com a teoria e foram os mesmos se comparados com as equações testadas com cada variável em separado. A Equação 6 apresentou um grau geral de explicabilidade satisfatório com  $R^2 = 0.79$ .

Por fim, na Equação 6, foi inserida uma variável de controle para períodos de instabilidade política, representada por uma *dummy* (D1) que assume valores unitários para os anos de 1997 (Crise Asiática), 1998 (Crise Russa), 1999 (Crise Argentina e Desvalorização Cambial brasileira) e 2008 (Crise Mundial) e nulo para períodos sem crise. Observa-se pelos resultados a relevância na determinação do investimento e o coeficiente negativo encontrado indica que em períodos de crises econômicas internacionais o investimento privado é menor.

#### **Etapa 4: Resultados dos Coeficientes com Efeitos Fixos.**

Para avaliar especificidades de cada setor, estimou-se a magnitude dos coeficientes de *efeitos fixos* setoriais. Cada coeficiente setorial estimado corresponde ao *efeito puro* de cada setor, ou seja, é a diferença do investimento médio de determinado setor, em relação à média anual por setor, que não é devida a variações nas variáveis dependentes. Assim, o coeficiente representa o investimento realizado que está relacionado aos fatores específicos de cada setor de extração, independente das variáveis inseridas no modelo.

A Tabela 5 exibe os coeficientes setoriais encontrados. Observa-se que os sinais dos coeficientes variam de acordo com os setores, além de exibirem magnitudes distintas entre setores e entre os modelos. Os setores que apresentam coeficientes positivos realizaram investimentos relativamente superiores aos outros setores no período em questão, independentemente de mudanças nas variáveis explicativas consideradas no modelo. Por outro lado, setores que exibem coeficientes negativos são aqueles que, sem levar em conta variações nas variáveis explicativas utilizadas, tiveram um nível de investimento inferior à média anual por setor.

Setores	EQ1	EQ2	EQ3	EQ4	EQ5	EQ6
<b>10<sup>(1)</sup></b>	1.75	0.33	2.94	3.66	0.88	2.29
<b>11<sup>(2)</sup></b>	-3.01	-1.51	-1.72	-2.42	-0.3	-1.13
<b>13<sup>(3)</sup></b>	0.05	1.85	4.90	5.54	3.53	5.21
<b>13.1<sup>(4)</sup></b>	0.09	1.88	4.94	5.58	3.54	5.21
<b>14<sup>(5)</sup></b>	0.83	0.80	3.94	4.62	2.29	3.86

Tabela 5: Coeficientes com efeitos fixos setoriais

Fonte: Resultados da pesquisa

- (1) Extração de carvão mineral
- (2) Extração de petróleo e gás natural
- (3) Extração de minerais metálicos
- (4) Extração de minério de ferro
- (5) Extração de minerais não-metálicos

Os resultados apresentados na Tabela 5 indicam que os setores 10, 13, 13.1 e 14 apresentaram sinais positivos. Observa-se que a intensidade varia de acordo com a inclusão das variáveis nas equações econométricas testadas, ou seja, os setores de extração da indústria brasileira que apresentaram coeficientes setoriais reduzidos, bem próximos de zero, nos diversos modelos estimados investem relativamente mais de acordo com as mudanças nas variáveis explicativas, ou seja, possuem poucos efeitos específicos e estão relativamente bem representados pelos modelos estimados.

Já os setores que possuem mais especificidades tendem a apresentar coeficientes setoriais mais elevados, indicando que investem conforme outros fatores, além dos previstos nos modelos empíricos. Tal situação pode ser observada pelos setores 13 e 13.1 nas Equações 4 e 6.

O setor 11 apresentou um sinal negativo o que significa dizer que o mesmo teve um nível de investimento inferior à média anual por setor. O sinal negativo apresentado no referido setor pode ser explicado por diversas razões, sendo essas: efeitos de políticas internacionais (abertura comercial e câmbio), crises internacionais ou também pelo fato de apresentar baixa intensidade tecnológica.

Por fim, uma análise comparativa dos modelos sugere que a para o setor 10 a Equação 2, que testa a hipótese da influência da taxa de juros, fornece coeficientes setoriais de menor magnitude. Para o setor 11 a Equação 5 seria a melhor representado pelo modelo. Já para os setores 13 e 13.1 a melhor explicação seria dada pela Equação 1, o que mostra que o setor

de minério de ferro é afetado pelas variáveis valor bruto da produção industrial, custos operacionais e receita líquida de venda. O setor 14 apresenta melhor explicação representada pelas equações Equações 1 e 2.

#### **Etapa 5: Cross-Section do Investimento Privado para o Setor de Extração Mineral e Subsetor de Extração de Minério de Ferro**

Esta etapa visa avaliar o comportamento dos investimentos privados entre o setor de extração de minerais metálicos e o subsetor de extração de minério de ferro. As equações de comportamento foram geradas com base nos resultados obtidas da Tabela 6, ou seja, a Equação 1, da tabela anterior, composta pelas variáveis valor bruto da produção industrial, custos operacionais e receita líquida de venda, representou melhor as variáveis explicativas. O setor de extração de minerais metálicos também se mostrou como sendo o mais importante dentre os setores de extração avaliados.

O subsetor extração de minério de ferro contribui com a maior parcela dos investimentos dentro do setor de minerais metálicos. Sendo assim, observa-se a necessidade de um melhor entendimento do comportamento das variáveis explicativas e impactos sobre os investimentos privados nos setores analisado.

A Tabela 6, a seguir, apresenta três modelos de comportamento, sendo o primeiro a avaliação investimento privado no setor 13. O segundo modelo indica os resultados obtidos pelo cruzamento de informações entre o setor 13 e 13.1. Por último, tem-se a avaliação das variáveis entre no setor 13.1.

Estimação por Efeitos Fixos -Variável Dependente: Investimento Privado 1996-2011			
Variáveis explicativas	EQ1 LNINVEXT_13	EQ2 LNINVEXT_13	EQ3 LNINVEXT_13.1
C	-8.7528	X	X
LogVBPI_13	0.6851	X	X
LogCOP_13	3.0365	X	X
LogRLV_13	0.7468	X	X
C	X	-8.4485	X
LogVBPI_13.1	X	1.1944	X
LogCOP_13.1	X	2.5521	X
LogRLV_13.1	X	0.1977	X
C	X	X	-9.3654
LogVBPI_13.1	X	X	1.4848
LogCOP_13.1	X	X	2.5360
LogRLV_13.1	X	X	0.5534
R-Squared	0.8402	0.8403	0.8292
Adjusted R-squared	0.8338	0.8340	0.8225

S.E. of Regression	0.2913	0.2912	0.3082
SSR	6.4513	6.4452	7.2205
DW stat	2.7669	2.7218	2.7683
Prob (F-stat)	0.0000	0.0000	0.0000

Tabela 6: Equações de Investimento para o Setor de Extração de Minerais Metálicos e Subsetor Extração de Minério de Ferro

Fonte: Resultados da pesquisa

Os resultados apresentados na Tabela 6 indicam a importância da variável custo operacional nos três modelos analisados, sendo esse o de maior coeficiente. Os resultados também indicam, ao contrário dos resultados obtidos na Tabela 4, um efeito positivo da variável receita líquida de venda, mas com coeficientes próximos a zero. Tais resultados são obtidos ao se estimar o *cross-section* entre o setor 13 e subsetor 13.1 e no subsetor 13.1. Para os três modelos estimados tem-se que o R ajustado apresentou grau elevado de explicabilidade.

#### Etapa 6: Simulação para o Período 2011-2018

Os resultados desta etapa referem-se a Simulação de Monte Carlo para o período 2011-2018, para os dados do item 3, sendo eles: (i) taxa de crescimento do investimento, (ii) taxa do valor bruto da produção industrial, (iii) custo operacional e (iv) receita líquida de vendas.

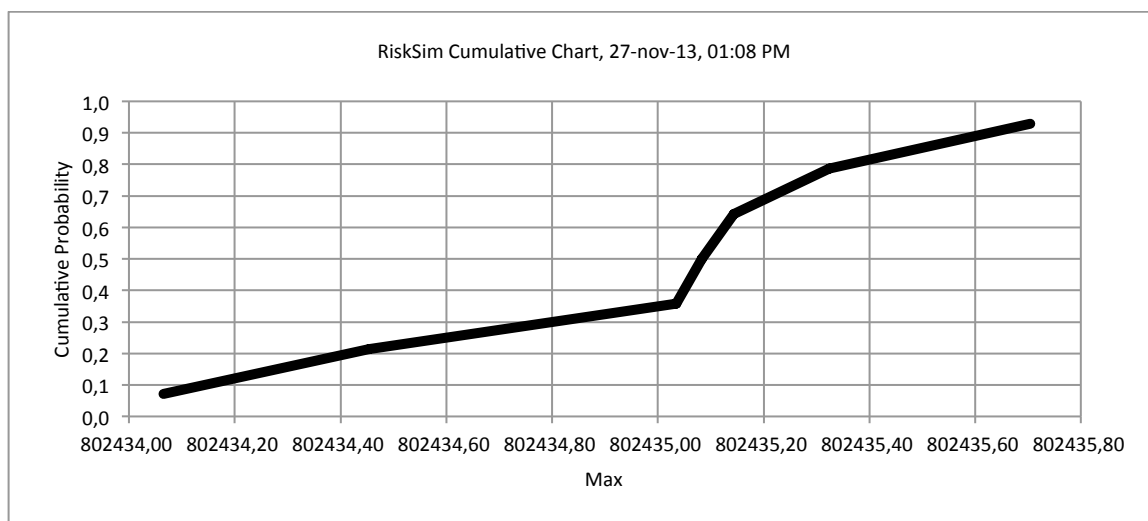


Gráfico 5. Simulação de Monte Carlo para Taxa de crescimento das receitas líquidas de vendas

Fonte: Resultados da pesquisa

O Gráfico 5 sugere que os setores 10, 11, 13, 13.1 e 14 apresentam tendência de crescimento das receitas líquidas de vendas para o período 2011-2018. No entanto, esta tendência somente poderá ser mantida, caso a produção industrial e os custos operacionais sejam aumentados, como uma função do melhor dimensionamento da capacidade instalada, conforme os Gráficos 6 e 7.

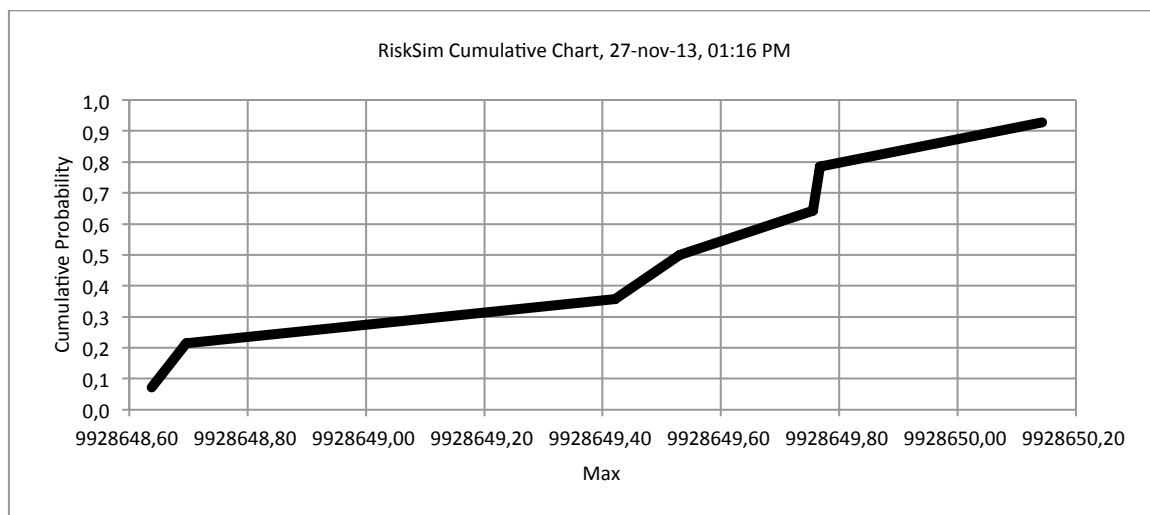


Gráfico 6. Simulação de Monte Carlo para Valor Bruto da Produção Industrial

Fonte: Resultados da pesquisa

O gráfico 7 representa o custo operacional dos setores 10, 11, 13, 13.1 e 14.

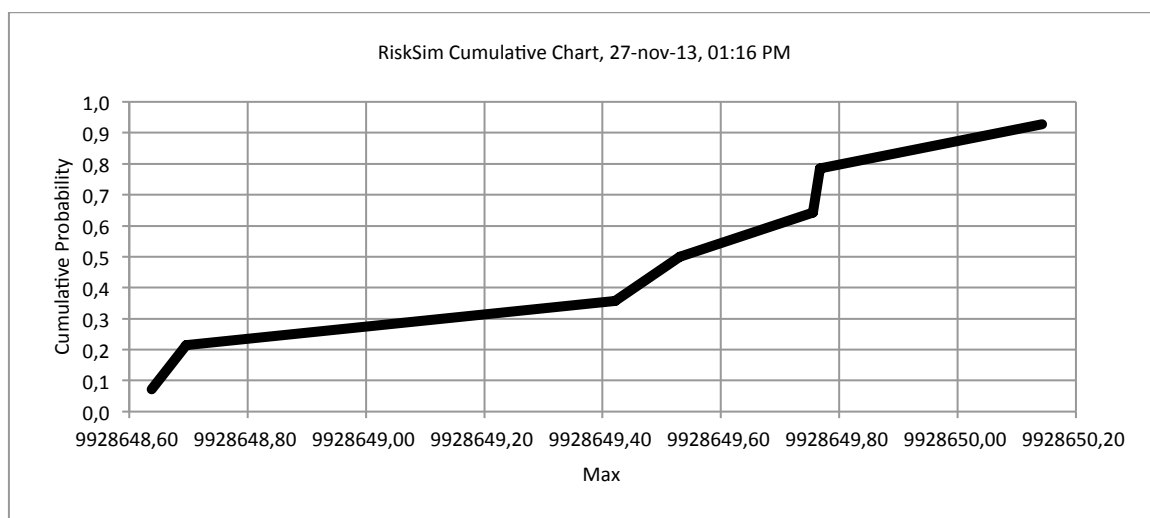


Gráfico 7. Simulação de Monte Carlo para Custo Operacional

Fonte: Resultados da pesquisa

O Gráfico 7 é representativo, pois a tendência de aumento de custos para os setores analisados é expressivo, com destaque para o custo de energia. A Simulação de Monte Carlo realizada sugere que no curto prazo, os preços da energia apresentariam uma tendência de manutenção. No entanto, no longo prazo percebe-se uma declínio nestes valor, com uma redução das expectativas dos valores atualmente negociados. Caso esta tendência seja confirmada, a estratégia das empresas setoriais deveria ser reavaliada, ainda mais em um cenário de aumento da competição com os derivados de petróleo e a respectiva política de preços no mercado internacional. Como consequência, das análises acima, o Gráfico 8 representa o comportamento da Receita Líquida de Vendas dos setores, com tendência de queda.

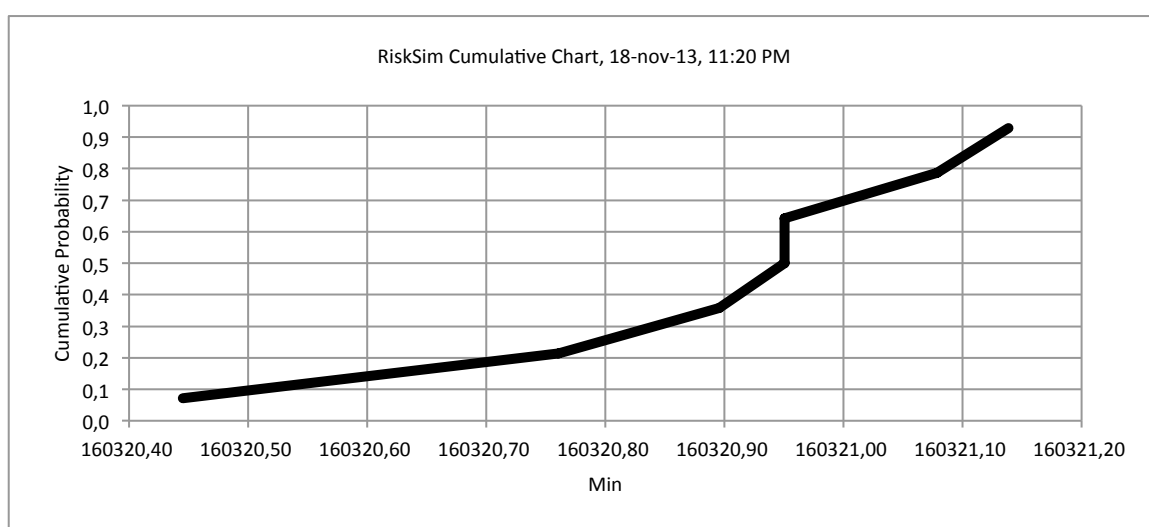


Gráfico 7. Simulação de Monte Carlo para Custo Operacional

Fonte: Resultados da pesquisa

## 5. Conclusões

O presente relatório analisou, preliminarmente, os principais determinantes do investimento privado para alguns setores da indústria de extração no Brasil a partir de uma análise de painel no período 1996 a 2011.

Os modelos de investimento estimados confirmaram a relevância das variáveis quantitativas, valor bruto da produção industrial, custo operacional e receita líquida de vendas, na explicação do investimento privado. A relação encontrada entre taxa de juros e investimento privado foi negativa e pouco significativa nos modelos setoriais, o coeficiente encontrado é próximo de zero.

A existência de instabilidade também pode ser um fator prejudicial para o financiamento do investimento, pois gera incerteza e prejudica as fontes de recursos de longo prazo. A relação negativa entre taxa de câmbio diferenciada e investimento também reflete a aversão à

incerteza e à instabilidade por parte do empresário, pois o resultado sugere que períodos de alta volatilidade da taxa de câmbio exercem impacto negativo sobre o investimento privado. Uma taxa de câmbio mais desvalorizada também desestimula a importação de bens de capital e eleva os compromissos financeiros das empresas endividadas externamente, o que reduz o investimento da economia.

Em termos setoriais tem-se que o setor de extração de minerais metálicos se mostrou como sendo o mais importante dentre os setores de extração avaliados. Tendo a o custo operacional a variável de maior impacto dentre as aquelas avaliadas.

O subsetor extração de minério de ferro contribui com a maior parcela dos investimentos dentro do setor de minerais metálicos. Sendo assim, observa-se a necessidade de um melhor entendimento do comportamento das variáveis explicativas e impactos sobre os investimentos privados nos setores analisado.

Por fim, a simulação de expectativa para curto e longo prazos, sugere que a tendência de aumento de custos para os setores analisados, com destaque para o custo de energia. Dessa forma, a estratégia das empresas setoriais deveria ser reavaliada em razão das políticas de preços do mercado internacional.

## **6. Sugestões para Trabalhos Futuros**

Como sugestão para trabalhos futuros são realizadas perguntas, divididas em análises econômicas e setoriais:

### **Análises econômicas:**

- Quais as análises são as análises econômicas atuais e futuras, bem como o impacto na geração de energia?
- Quais são os principais direcionadores para o investimento público e privado em energia, tanto no curto quanto no longo prazo?
- Quais as análises setoriais e o impacto para a geração de energia elétrica?

### **Análises setoriais:**

- Qual o impacto do custo operacional na tomada de decisão para o investimento privado em energia, considerando o cenário de incerteza econômica atual no Brasil?
- Como inovar no setor de energia, considerando os riscos operacionais, legais e dos preços no mercado futuro de energia?
- Qual o risco para uma queda nos preços de energia no mercado livre, em especial para energia elétrica e petróleo?



## Referencial

Aysan, A., Pang, G., & Varoudakis, M. A. V. (2004). How to boost private investment in the MENA countries: The role of economic reforms. *Journal of Economic Literature*, 7, 1-15.

Chirinko, R. S. (1993). Business fixed investment spending: modeling strategies, empirical results, and policy implications. *Journal of Economic Literature*, 31, 1875-1911.

Dickey, D., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica*, 49, 1057-1072.

EPE. (2012). Balanço Energético. Accessed on Jul 12, 2012, at <http://www.epe.gov.br>

Ferreira, J. M. G. (2005). Evolução dos investimentos no Brasil: Uma análise econométrica. *Dissertação de Mestrado*, FGV-SP, 76.

Greene, W. H. (1999). *Econometric Analysis*. Prentice-Hall, New Jersey. 3<sup>rd</sup> Edition.

Hsiao, C. (2006). Panel data analysis: Advantages and challenges. *University of Southern California. Wise Working Paper Series*, 0602, 1-35.

IBGE. (2011). Sistema de Contas Nacionais Consolidadas. Accessed on July 12, 2012, at <http://www.ibge.gov.br>.

IPEA, 2012. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Accessed on July 12, 2012, at <http://www.ipea.gov.br>.

Lenderman D., Menéndez A. M., Perry G., & Stiglitz J. (2000). *The cover of Mexican investment after the tequila crisis: basics economics or confidence effects?* The World Bank Accessed on Sep 14, 2012, at <http://www.lacea.org/meeting2000/DanielLederman.pdf>

Luporini, V., & Alves, J. (2010). Private investment: an empirical analysis for Brazil. *Economy and Society*, 19, 449-475.

Melo, G. M., & Rodrigues Junior, W. (1998). Determinantes do Investimento Privado no Brasil: 1970-1995. *Texto para Discussão*, 605, IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 1-33. Accessed on Jun 1, 2012, at [http://www.ipea.gov.br/pub/td/td/td\\_605.pdf](http://www.ipea.gov.br/pub/td/td/td_605.pdf)

Ferreira, J. M. G. (2005). Evolução dos Investimentos no Brasil: Uma Análise econométrica: Porque não houve recuperação das taxas de investimento no país após estabilização da inflação em 1994? In *Dissertação de mestrado*. FGV.EESP

Ribeiro, M. B., & Teixeira, J. R. (2001). An econometric analysis of private-sector investment in Brazil. *Cepal Review*, 74, 153-166.

Pereira, R. (1999). Investment and uncertainty in a quadratic adjustment cost model: Evidence from Brazil. *Texto para Discussão*, 663, IPEA, 1-9.

Rocha, C. H., & Teixeira, J. R. (1996). Complementaridade versus Substituição entre Investimento Público e Privado na Economia Brasileira: 1965-1990. *Revista Brasileira de Economia*, 50, 378-384.

Rossiter, R. (2002). Structural cointegration analysis of private and public investment. *International Journal of Business and Economics*, 1, 59-67.

Santos, C. H., & Pires, M. C. C. (2007). Reestimativas do investimento privado Brasileiro i): qual a sensibilidade do investimento privado “referência 1985” a aumentos na carga tributária? *Texto para Discussão*, 1297. IPEA.

Serven, L. (1998). Macroeconomic uncertainty and private investment in LDC's: and empirical investigation. *The World Bank*. Accessed on Aug 4, 2012, at <http://www.worldbank.org/html/dec/Publications/Workpapers/wps2000series/wps2035/wps2035.pdf>

Serven, L. (2002). Real Exchange Rate Uncertainty and Private Investment in Developing Countries. *The World Bank*. Accessed on Jul 7, 2012, at <http://ideas.repec.org/p/wbk/wbrwps/2823.html>

Studart, G. (1992). Investimento público e formação de capital do setor privado no Brasil: Análise empírica da relação de curto e de longo prazos durante o período 1972-1989. *Dissertação* (Mestrado) – PUC, Rio de Janeiro.

Tadeu, H.F.B. (2010). Cenários de Longo Prazo para o Setor de Transportes e Consumo de Combustíveis. *Dissertation* (Doctorate) - PUC, Minas Gerais.

Tadeu, H. F. B.; Silva, J. T. M. (2013). Estimating Private Investment Functions for Brazilian Coke Production, Oil Refining, Nuclear Fuel Preparation and Alcohol Production. *International Journal of Business and Commerce*, vol.3, p. 26-35.

Tadeu, H. F. B. ; Silva, J. T. M. (2013). Determinants of the Long Term Private Investment in Brazil: an empirical analysis using cross-section and Monte Carlo simulation. *Journal of Economics Finance and Administrative Science*, vol. 18, p. 11-17.