UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MARINA BARBOZA CAMARGO

Incerteza e restrição financeira nas decisões de investimento das firmas brasileiras

Orientador: Prof. Assoc. Aquiles Elie Guimarães Kalatzis

SÃO CARLOS
2011

Prof. Dr. João Grandino Rodas
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Geraldo Roberto Martins da Costa
Diretor da Escola de Engenharia de São Carlos

Prof. Dr. Reginaldo Teixeira Coelho
Chefe do Departamento de Engenharia de Produção

MARINA BARBOZA CAMARGO

Incerteza e restrição financeira nas decisões de investimento das firmas brasileiras

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento.

Orientador: Prof. Assoc. Aquiles Elie Guimarães Kalatzis.

Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP.

SÃO CARLOS
2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

C172i

Camargo, Marina Barboza
Incerteza e restrição financeira nas decisões de investimento das firmas brasileiras / Marina Barboza Camargo; orientador Aquiles Elie Guimarães Kalatzis. -- São Carlos, 2011.

Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia de Produção e Área de Concentração em Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

1. Decisões de Investimento. 2. Incerteza. 3. Restrição Financeira. 4. Modelo misto. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Licenciado **MARINA BARBOZA CAMARGO**

Título da tese: **Incerteza e restrição financeira nas decisões de investimento das firmas brasileiras.**

Data da defesa: 23/08/2011:

Comissão Julgadora:	**Resultado:**
Prof. Associado **Aquiles Elie Guimarães Kalatzis (Orientador)** (Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)	APROVADA
Prof. Titular **Carlos Roberto Azzoni** (Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade/USP)	APROVADA
Prof. Titular **Sérgio Kannebley Júnior** (Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP)	APROVADO
Profª. Drª. **Mariana Cúri** (Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação/ICMC/USP)	aprovado
Prof. Associado **Milton Barossi Filho** (Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP)	APROVADA

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:
Prof. Titular **Henrique Rozenfeld**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo Cesar Lima Segantine**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Sebastião e Marta, pelo amor, carinho e dedicação que cuidam de mim. Às minhas irmãs, Karen e Flávia, pelo amor, amizade e bons momentos compartilhados.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer:

Ao prof. Dr. Aquiles Elie Guimarães Kalatzis pela sua orientação nesta pesquisa, por incentivar meu amadurecimento profissional e por toda a sua dedicação e amizade oferecidas.

Aos prof[es]. Dr. Mario de Castro Andrade Filho e Dr. Rudinei Toneto Júnior pela participação no exame de qualificação de mestrado e aos prof[es]. Dr. Milton Barossi Filho e Dra. Mariana Cúri pela participação no exame de qualificação de doutorado. Agradeço a todos pelas sugestões expostas nos exames de qualificação com vistas a melhorar a qualidade desta pesquisa.

Aos funcionários do departamento de engenharia de produção da EESC/USP. Em especial, ao Celso M. Rodrigues, Claudete Poianas, Luiz Fernando Ferreira, Sueli R. Ferreira e Talita M. R. Caetano, sempre dispostos a ajudar.

Aos colegas de laboratório - Aline Pellicani, Camila Bassetto, Fernanda Castro, Flávia Camioto, Flávio Carvalho, Kelly Castro, Lucília Gomez, Mariana Almeida, Naja Santana, Patrícia Cava e Rayani Melega - agradeço a ajuda e aos bons momentos de descontração. Em especial, agradeço o grande carinho que recebi dos meus amigos Flávio, Lucília e Rayani.

Aos colegas de outros departamentos da USP – Analice Costacurta Brandi, Evelise R. C. Góis, Iara Hernandez Rodriguez, Simone Rodrigues Lima - pela amizade e pelo carinho. Em especial a Iara, pela sua amizade, seu carinho, pelos jantares deliciosos e pela paciência em compartilhar comigo as tarefas da casa.

As minhas amigas de infância, adolescência, juventude e até a velhice - Aline Ferreto, Ana Paula de Oliveira Penteado, Cinara Calixto da Silva (*in memoriam*), Mairan Kabakian e Natália Marchini Righetti - que se tornaram minhas irmãs de coração. À Aline, pela amizade, atenção e carinho. À Ana Paula, pela amizade, horas de risadas e por me ensinar a aproveitar os bons momentos da vida. À memória de Cinara, pela amizade, pela lealdade, por me “tirar” de horas de estudo para mostrar que a vida também merece momentos de diversão, e por você sempre estar viva em meu coração. À Marian, pela amizade, confiança, religiosidade e amor. À Natália, pela amizade incondicional, amor, carinho, sinceridade e por estar sempre ao meu lado.

Ao grupo Maria Imaculada, pelas constantes orações.

Ao meu namorado, Victor Chaves Henriques, pela infinita paciência em ouvir diariamente as dificuldades e os avanços desta pesquisa, pelo seu apoio, amor e pela pessoa feliz e amada que você me faz sentir. Agradeço também a sua família que sempre me acolheu como uma filha.

À toda minha família. À tia Lili, Lilian Mary Vidoto Camargo, por ser minha segunda mãe. Às minhas queridas irmãs, Karen Fernanda Barboza Camargo e Flávia Barboza Camargo, por serem minha fonte inesgotável de felicidade e orgulho. Aos meus pais, Sebastião José Vidoto Camargo e Marta Clarete Barboza Camargo, que cuidam de mim, me dão amor e sabedoria; obrigada por me ensinarem a ser uma pessoa de fé e perseverança, e também por ensinarem que Deus sempre está olhando por nós e que "Maria passa na frente" para nos proteger e levar nossas orações e pedidos à Deus.

À FAPESP, fundação de amparo à pesquisa do estado de São Paulo, pelo financiamento desta pesquisa (processo de concessão de bolsa de doutorado direto número 2008/11083-6).

Ao meu anjo da guarda a quem Deus confiou a minha proteção.

À Deus, meu protetor, meu apoio, meu abrigo e amparo.

"Não fiquem preocupados com a vida, com o que comer; nem com o corpo, com o que vestir... Olhem os pássaros do céu... Olhem como crescem os lírios do campo... em primeiro lugar busquem o Reino de Deus e a sua justiça... não se preocupem com o dia de amanhã, pois o dia de amanhã terá suas preocupações. Basta a cada dia a própria dificuldade"

Evangelho de São Mateus 6: 25-34.

RESUMO

CAMARGO, Marina Barboza. **Incerteza e Restrição Financeira nas Decisões de Investimento das Firmas Brasileiras.** 2011. 94 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

O objetivo do presente trabalho é analisar a presença da restrição financeira nas decisões de investimentos em condições de incerteza de um conjunto de 1223 empresas brasileiras no período de 1986 a 2006. A incerteza é incorporada no modelo de investimento considerando o comportamento das variáveis vendas e fluxo de caixa como um movimento browniano com *drift*. Além disso, a variável fluxo de caixa é analisada em baixa e alta incerteza, considerando três diferentes medidas para a incerteza: a variação anual do índice Ibovespa, o desvio-padrão de vendas e de fluxo de caixa. Já para considerar o efeito da restrição financeira sobre as decisões de investimento as firmas são agrupadas de acordo com o grau de intensidade de capital, tamanho da firma e grau tecnológico. A estimação dos parâmetros da equação do investimento é realizada considerando-se o modelo misto. O modelo misto, ainda não utilizado em estudos brasileiros na análise do comportamento das decisões de investimento, permite considerar a heterogeneidade nos coeficientes das variáveis independentes, o que evita o viés introduzido pela suposição de homogeneidade. Os resultados obtidos neste estudo mostraram uma maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa para as firmas mais intensivas em capital, firmas de médio porte e firmas com alto grau tecnológico. Esses resultados se mantêm quando a variável fluxo de caixa é analisada em alta incerteza, ou seja, o investimento das firmas com alta intensidade de capital, médio porte e com alto grau tecnológico é mais sensível ao fluxo de caixa em condições de alta incerteza.

Palavras-Chave: Decisões de Investimento, Incerteza, Restrição Financeira, Modelo Misto.

ABSTRACT

CAMARGO, Marina Barboza. **Uncertainty and Financial Constraint on Investment Decisions of Brazilian Firms.** 2011. 94 p. Thesis (Doctorate Degree) - São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, São Carlos, 2011.

The aim of this research is to analyze the presence of financial constraints on investment's decisions under uncertainty using data from 1223 Brazilian firms over the 1986 to 2006 period. Uncertainty is incorporated in the model of investment decisions considering the sales and cash flow variables, which are estimated by a stochastic equation of Brownian motion. In addition, the variable cash flow is grouped by high and low uncertainty according to annual rate of the Ibovespa index, the standard deviation of sales and cash flow. To consider the effects of financial constraints on firm's investment decisions, this study used the degree of capital intensity, size, and the technological degree to classify firms. The investment equation parameters are estimated considering the mixed model. The mixed model, it has not yet been used in analysis of Brazilian firms, allows considering the heterogeneity on explanatory variables, which avoids the bias introduced by assumption of homogeneity. The results show greater sensitivity of investment to cash flow for more capital-intensive firms, medium and high-tech ones. These results keep when cash-flow variable is analyzed by high uncertainty, i.e, for these firms the investment is more sensitive to cash flow under higher uncertainty.

Key-words: Investment decisions, Uncertainty, Financial constraints, Mixed Model.

LISTA DE FIGURAS

Figura A.1: Diagrama de dispersão entre o coeficiente de liquidez e a média da intensidade de capital de cada firma. 82

Figura C.1: Valores ajustados 90

Figura C.2: Gráfico de alavancagem 91

Figura C.3: Resíduo *versus* observação. 92

Figura C.5: Gráfico de probabilidade normal para os resíduos. 93

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Distribuição das firmas de baixa intensidade de capital 58

Tabela 4.2: Distribuição das firmas de alta intensidade de capital 58

Tabela 4.3: Características financeiras das firmas brasileiras. 60

Tabela 4.4: Estimação dos parâmetros do modelo (4.1) utilizando modelo misto para as firmas agrupadas por intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico. 62

Tabela 4.5: Estimação do modelo (4.1) com *dummies* de inclinação. 63

Tabela 4.6: Estimação dos parâmetros do modelo (4.2) utilizando modelo misto para as firmas agrupadas por intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico. 66

Tabela A.1: Características financeiras para as firmas agrupadas por intensidade de capital - de acordo com Hsiao e Tahmiscioglu (1997) - e tamanho - de acordo com o BNDES. 83

Tabela A.2: Estimação dos parâmetros do modelo (4.1) utilizando o modelo misto para as firmas agrupadas por intensidade de capital - de acordo com Hsiao e Tahmiscioglu (1997) - e tamanho - de acordo com o BNDES. 84

Tabela A.3: Estimação do modelo (4.1) com *dummy* de inclinação. 84

Tabela A.4: Estimação dos parâmetros do modelo (4.2) utilizando o modelo misto para as firmas agrupadas por intensidade de capital - de acordo com Hsiao e Tahmiscioglu (1997) - e tamanho - de acordo com o BNDES. 85

Tabela B.1: Estimação dos parâmetros do modelo (4.1) utilizando o método da variável instrumental e efeito fixo para as firmas agrupadas por intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico. 86

Tabela B.2: Estimação dos parâmetros do modelo (4.1) com *dummies* de inclinação utilizando o método da variável instrumental e efeito fixo. 87

Tabela B.3: Estimação dos parâmetros do modelo (4.2) utilizando o método da variável instrumental e efeito fixo 88

Tabela C.1: Desvio-padrão dos coeficientes estimados. 91

Tabela D.1: Índices de rentabilidade das firmas brasileiras em condições de alta e baixa incerteza. 94

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Alguns estudos internacionais que consideram uma medida de incerteza nas decisões de investimento. 30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BM&FBovespa	Bolsa de Valores de São Paulo e da Bolsa de Mercadorias & Futuros
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAPM	*Capital Asset Pricing Model*
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
GARCH	*Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*
GMM	Método dos Momentos Generalizado
Ibovespa	Índice da bolsa de valores de São Paulo
IGP-DI	Índice Geral dos Preços - Disponibilidade Interna
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
VI	Variável Instrumental

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. INTRODUÇÃO 19

2. DECISÕES DE INVESTIMENTO E INCERTEZA: ASPECTOS TEÓRICOS 24

2.1 Incerteza 25

2.2 Opções reais 31

2.3 Irreversibilidade de capital 33

2.4 Restrição financeira 36

3. DADOS, MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO E INCERTEZA. 42

3.1 Dados e modelo. 42

3.1.1 Modelo misto. 45

3.2 Uma medida de incerteza: processo de Wiener 48

4. DECISÕES DE INVESTIMENTO: INCERTEZA E RESTRIÇÃO FINANCEIRA. 52

4.1 Incerteza nas decisões de investimento. 52

4.2 Agrupamentos das firmas 55

4.3 Análise dos resultados 59

5. CONCLUSÕES 69

REFERÊNCIAS 73

APÊNDICE A: OUTROS CRITÉRIOS DE AGRUPAMENTO PARA DE INTENSIDADE DE CAPITAL E TAMANHO DA FIRMA. 82

APÊNDICE B: ESTIMAÇÕES DAS TABELAS DO CAPÍTULO 4 UTILIZANDO OS MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DE EFEITO FIXO E VARIÁVEL INSTRUMENTAL. 86

APÊNDICE C: DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DE RESÍDUO 90

APÊNDICE D: RENTABILIDADE DAS FIRMAS EM ALTA E BAIXA INCERTEZA 94

1. INTRODUÇÃO

O comportamento das decisões de investimento das firmas em condições de incerteza tem sido intensamente explorado na literatura. A tomada de decisão de investimento é realizada na presença de expectativas quanto ao seu retorno e sobre expectativas futuras. Neste sentido, torna-se de grande relevância considerar que o ambiente das decisões de investimento das firmas incorpora um elemento extremamente importante, qual seja, a incerteza quanto às expectativas de retorno do investimento. Em geral, quando a incerteza é elevada, os custos das firmas podem tornar-se maiores, seja pelo ajuste do estoque de capital ou pelo aumento de estoques. Como observado por Pindyck (1982), a maioria das empresas tomam decisões de investimento considerando a probabilidade da capacidade futura de ajuste do capital em resposta a flutuações da demanda. Além disso, em um ambiente de elevada incerteza, as empresas podem apresentar restrições de liquidez, aumentando a necessidade de capital externo e elevar o prêmio pelo risco exigido pelo credor.

A partir dos estudos de Pindyck (1982, 1991), Abel (1983) e Caballero (1991), muitos pesquisadores têm investigado o efeito da incerteza no investimento. Embora haja uma extensa literatura e uma diversidade de sugestões na elaboração de medidas para representar a incerteza, não há uma conclusão geral sobre como a incerteza pode afetar o investimento. Em geral, muitos estudos têm encontrado que a incerteza pode afetar as decisões de investimento negativamente (DRIVER e MORETON, 1991; LEAHY e WHITED, 1996; GUISO e PARIGI, 1999; GHOSAL e LOUNGANI, 2000; BAUM, CAGLAYAN e TALAVERA, 2008). Driver e Moreton (1991) mostraram que a incerteza, medida pela dispersão da previsão anual do crescimento da produção, afeta negativamente as decisões de investimento das firmas no Reino Unido. No entanto, ao considerar os efeitos da incerteza originados da inflação, os autores não encontraram nenhuma conclusão a respeito do impacto da incerteza sobre o comportamento do investimento. Leahy e Whited (1996) consideraram sua medida de incerteza dado pela previsão da volatilidade das ações e encontraram que a incerteza exerce forte efeito negativo no investimento das firmas americanas. Guiso e Parigi (1999) utilizaram o desvio-padrão da demanda como medida para incerteza e encontraram um impacto negativo da incerteza nas decisões de investimento das firmas italianas. Ghosal e Loungani (2000)

mostraram uma influência negativa da incerteza nas decisões de investimento das firmas no mercado competitivo e oligopolizado, no qual utilizaram como medida de incerteza o desvio padrão do resíduo da equação que estima o lucro futuro. Já Baum, Caglayan e Talavera (2008) mostraram que dependendo da medida utilizada para considerar a incerteza[1], a incerteza pode afetar o investimento tanto positivamente como negativamente.

Para analisar os efeitos da incerteza nas decisões de investimento a literatura tem procurado incorporar aspectos da restrição financeira nas decisões de investimento em um ambiente de incerteza. Porém, são poucos os estudos que investigam a relação entre restrição financeira, investimento e incerteza, pois neste caso existe uma dupla dificuldade, que é identificar uma medida que possa considerar os efeitos da incerteza e da restrição financeira nas decisões de investimento. Boyle e Guthrie (2003) argumentam que é necessário separar o efeito da restrição financeira e da incerteza para identificar o impacto da incerteza sobre o investimento. Para os autores, as firmas restritas financeiramente enfrentam a incerteza não apenas com relação ao retorno futuro do projeto, mas também quanto a sua capacidade para financiar investimentos. Sterken, Lensink e Bo (2002), investigando a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa em condições de incerteza, mostraram que o elevado grau de incerteza intensifica o uso do fluxo de caixa, ou seja, o investimento é mais sensível ao fluxo de caixa em condições de alta incerteza. Mais recentemente, Baum, Caglayan e Talavera (2010a) investigando a relação entre fluxo de caixa, investimento e incerteza, concluíram que a incerteza é um importante determinante do comportamento do investimento. Para os autores, a incerteza afeta o investimento, principalmente através do fluxo de caixa, aumentando ou diminuindo o papel do fluxo de caixa no comportamento do investimento da firma.

Nesse sentido, dada a importância da compreensão do comportamento do investimento, principalmente no que se refere aos efeitos da incerteza e da restrição financeira, este trabalho tem como objetivo analisar a presença da restrição financeira nas decisões de investimento em condições de incerteza de uma amostra com 1223 firmas brasileiras no período de 1986 a 2006. A incerteza é incorporada na equação do investimento

---

[1]Os autores utilizaram três diferentes medidas de incerteza: a incerteza específica da firma medida pela volatilidade do retorno diário das ações, a incerteza do mercado medida pelo índice do mercado de capital, o índice S&P 500, e uma medida de incerteza baseada na medida de risco do CAPM (*capital asset princing model*).

através de uma simulação envolvendo as variáveis vendas e fluxo de caixa. Em outras palavras, esse estudo implementa o movimento browniano com *drift*, definido como um processo estocástico de tempo contínuo, para considerar a incerteza presente nas variáveis vendas e fluxo de caixa. A variável fluxo de caixa também é analisada em alta e baixa incerteza, considerando três diferentes medidas para a incerteza: a incerteza do mercado, medida pela variação anual do índice Ibovespa; e duas medidas para incerteza específica da firma, medida pelo desvio-padrão de vendas e do fluxo de caixa. Enquanto a incerteza presente na variável vendas busca considerar a incerteza presente na demanda da firma, a incerteza presente na variável fluxo de caixa considera a incerteza sobre os benefícios do investimento, e por fim, a variação do Ibovespa busca representar as condições de instabilidade do mercado financeiro.

Na extensão deste estudo é proposto utilizar uma versão do modelo acelerador do investimento, cujos parâmetros são estimados utilizando o modelo misto e também utilizando os métodos de estimação de efeito fixo e variável instrumental. O estimador de efeito fixo é utilizado devido à presença de correlação entre o efeito específico da firma e algum dos regressores, conforme verificado pelo teste de Hausman. Entretanto, como observado na literatura, o estimador de efeito fixo é inconsistente e viesado quando T é fixo e $N \rightarrow \infty$, sendo usual utilizar os estimadores baseados ou na variável instrumental ou no método dos momentos generalizados (GMM). Tanto o método da variável instrumental como o GMM sugerem tratar o problema da endogeneidade utilizando os níveis da variável endógena como instrumentos. No entanto, não é uma tarefa fácil encontrar um conjunto de instrumentos que sejam válidos e relevantes, podendo gerar problemas para a estimação. Baum, Schaffer e Stilman (2003) observaram que nos casos em que os instrumentos são “fracos”, o viés do estimador da variável instrumental é o mesmo do estimador dos mínimos quadrados ordinários. Outra questão importante ao utilizar modelo com dados em painel dinâmico é a suposição da homogeneidade que é imposta sobre os coeficientes das variáveis exógenas e endógenas. Weinhold (1999) observou que a suposição de homogeneidade imposta aos coeficientes pode conduzir a um viés na estimação. Para a autora, um método que permite considerar a heterogeneidade nos coeficientes das variáveis independentes, tal como o modelo misto, evita o viés introduzido pela suposição de homogeneidade, principalmente sobre o coeficiente da variável dependente defasada. Desta forma, parece razoável estimar os coeficientes do modelo do investimento utilizando o modelo misto, permitindo assim

considerar a heterogeneidade, bem como incorporar uma parte aleatória nos parâmetros e melhor incorporar a incerteza.

Para controlar os efeitos originados da restrição financeira nas decisões de investimento em condições de incerteza, a amostra é classificada de acordo com o grau de intensidade de capital, tamanho e tecnologia. A justificativa para classificar a amostra por intensidade de capital deve-se ao fato de que as firmas mais intensivas em capital podem ser mais restritas financeiramente, pois tendem a apresentar menor lucratividade devido aos altos custos fixos (SCHERER, 1980). Outra justificativa é que as firmas mais intensivas apresentam uma maior irreversibilidade de capital, além disso, em um ambiente de alta incerteza, espera-se que tais firmas sejam mais restritas financeiramente. O agrupamento por tamanho busca verificar se as firmas de médio porte estão sujeitas a enfrentar um maior grau de restrição financeira em suas decisões de investimento, pois essas firmas tendem a apresentar maiores custos para obtenção de recursos externos e maior dificuldade de propor garantia aos credores do que as firmas de grande porte. Considerando as firmas agrupadas pelo grau tecnológico, espera-se que as firmas de alta tecnologia sejam mais prováveis a enfrentar restrição financeira do que as firmas com baixo grau tecnológico. As firmas de alta tecnologia são caracterizadas por terem mais atividades em pesquisa e desenvolvimento e inovação do que as firmas de baixa tecnologia, e consequentemente, essas firmas tendem a apresentar maiores custos irreversíveis e maiores dificuldades de oferecer garantias aos investidores que preferem ativos tangíveis. As firmas de alta tecnologia também enfrentam alta incerteza no retorno dos seus investimentos, maiores riscos, intensificando o problema de assimetria de informação com relação aos investidores externos.

Neste contexto, este estudo procura contribuir para a escassa literatura brasileira a respeito da discussão da restrição financeira nas decisões de investimento em condições de incerteza. Este estudo também traz importantes contribuições à literatura nacional ao utilizar o modelo misto nas estimações dos parâmetros da equação do investimento. O modelo misto, com ou sem incerteza, ainda não foi utilizado na análise de investimento em estudos das firmas brasileiras. Além disso, algum grau de incerteza também é considerado quando os parâmetros da equação do investimento são estimados utilizando-se o modelo misto, ou seja, incorporando um efeito aleatório nos parâmetros a fim de permitir maior flexibilidade nas estimações. Outra contribuição deste estudo é que a amostra utilizada contém um grande número de observações cobrindo um período de 20 anos, diferentemente da maioria de outros

estudos que utilizam curtos períodos de tempo. A amostra inclui períodos de instabilidade econômica, como o período de 1986 a 1994 caracterizado por significativas transformações na economia como hiperinflação, instabilidade político-financeira, seis planos de estabilização econômica e com uma moratória internacional em 1987.

O presente trabalho está estruturado da seguinte maneira, incluindo esta introdução. O capítulo 2 fornece uma revisão da literatura sobre as decisões de investimento em condições de incerteza, ressaltando como a incerteza é construída e incorporada nas decisões de investimento de forma que possibilite identificar seus efeitos no comportamento do investimento. Em outras palavras, desenvolve-se uma breve discussão a respeito do impacto da incerteza nas decisões de investimento e a construção da *proxy* para a incerteza utilizada por cada autor. Neste capítulo também são apresentados os estudos que abordam os temas como opções reais, irreversibilidade de capital e a restrição financeira, pois fornecem suporte teórico para melhor compreender o comportamento das decisões de investimento das firmas em condições de incerteza.

No capítulo 3 apresenta-se uma breve revisão sobre os métodos de estimação com dados em painel que são utilizados neste estudo para a estimação dos parâmetros da equação do investimento. Ainda neste capítulo, é apresentada a metodologia utilizada para considerar a incerteza nas variáveis vendas e fluxo de caixa, bem como, o agrupamento da variável fluxo de caixa em alta e baixa incerteza do mercado e em alta e baixa incerteza específica da firma. No capítulo 4 apresenta-se inicialmente a base de dados, as variáveis utilizadas neste estudo, a equação do investimento e o critério de agrupamento utilizado para classificar as firmas. O objetivo do capítulo 4 é investigar empiricamente a presença da restrição financeira nas decisões de investimento em condições de incerteza. Para isso considera-se uma versão do modelo acelerador, o qual é estimado utilizando o modelo misto para as firmas classificadas por intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico. Neste capítulo analisa-se também o comportamento da sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa em condições de baixa e alta incerteza, considerando tanto o efeito da incerteza específica da firma como o efeito da incerteza do mercado.

Finalmente, o capítulo 5 apresenta a conclusão dos principais resultados econômicos obtidos neste estudo.

2. DECISÕES DE INVESTIMENTO E INCERTEZA: ASPECTOS TEÓRICOS.

A literatura que estuda o comportamento das decisões de investimento tem mostrado grande preocupação no que se refere aos efeitos da incerteza nas decisões de investimento das firmas. O principal objetivo desse tipo de literatura é identificar uma medida de incerteza e analisar como essa medida pode afetar o comportamento do investimento. No entanto, a grande dificuldade dos trabalhos empíricos é encontrar uma variável que possa representar a incerteza, que é uma medida não observável. De uma forma geral, a incerteza tem sido tratada tanto como incerteza específica da firma (baseada nos preços dos bens de capital, nos retornos esperados, nas taxas de desconto e demanda) ou como uma incerteza referente ao mercado (baseada em informações como a inflação, taxa de câmbio e variação no retorno diário das ações).

Muitos pesquisadores têm mostrado que a relação entre incerteza e investimento pode ser melhor compreendida na presença de irreversibilidade de capital e opções reais. Além disso, nota-se também que em condições de alta incerteza as firmas podem enfrentar incerteza quanto a sua capacidade para financiar investimentos. Quando a incerteza é alta os credores podem defrontar-se com maiores dificuldades para avaliar o retorno esperado de um empréstimo, aumentando assim o grau de restricao financeira das firmas.

Neste sentido, este capítulo apresenta um panorama do desenvolvimento da literatura que discute o comportamento do investimento em condições de incerteza, dentre os quais enfatiza a abordagem das opções reais, irreversibilidade de capital e restrição financeira nas decisões de investimento. Desse modo, o capítulo está estruturado da seguinte maneira. A seção 2.1 apresenta importantes trabalhos internacionais que investigaram a relação entre investimento e incerteza, destacando a medida de incerteza utilizada em cada estudo. A seção 2.2 discute os trabalhos que utilizam as opções reais para investigar o comportamento do investimento em condição de incerteza. A seção 2.3 apresenta alguns estudos que consideram a presença da irreversibilidade de capital nas decisões de investimento. Por fim, a seção 2.4 discute os principais trabalhos que discutem a presença da restrição financeira nas decisões de investimento.

2.1 Incerteza

A partir dos estudos de Hartman (1972), Abel (1983) e Caballero (1991) muito tem-se discutido a respeito da relação entre incerteza e decisões de investimento. Sob um enfoque analítico, esses autores buscaram entender o efeito da incerteza, medida sobre os preços dos produtos, nas decisões de investimento. Supondo concorrência perfeita, retorno constante de escala e reversibilidade de capital, Hartman (1972) e Abel (1983) encontraram um efeito positivo da incerteza no investimento para as firmas neutras ao risco. No entanto, Caballero (1991) generalizou esse resultado ao mostrar que a relação entre incerteza e investimento depende da interação entre a assimetria dos custos de ajustamento do estoque de capital e competição imperfeita. Os autores explicaram que, de fato, sobre a suposição de concorrência perfeita e retornos constantes de escala, a relação entre incerteza e investimento é positiva, mesmo na presença de irreversibilidade de capital. Já sobre a suposição de competição imperfeita, a relação entre incerteza e investimento seria negativa à medida que o grau de assimetria dos custos de ajustamento do estoque de capital aumentasse, enquanto que na presença de custo de ajustamento simétrico, a relação entre incerteza e investimento enfraqueceria e eventualmente a incerteza poderia reduzir o investimento.

Pindyck (1993) criticou o resultado encontrado por Caballero (1991) ao mostrar que a incerteza exerce influência negativa sobre o investimento com irreversibilidade de capital, mesmo na presença de concorrência perfeita e retornos constantes de escala. Teoricamente, não há uma conclusão clara sobre como a incerteza pode afetar o comportamento das decisões de investimento. No entanto, dado que o futuro é incerto, entender os efeitos da incerteza sobre o investimento tem sido de grande relevância na literatura. Em geral, muitos pesquisadores procuraram analisar essa questão empiricamente, sendo que a maioria dos estudos evidencia um efeito negativo.

Para investigar como a incerteza afeta as decisões de investimento, Driver e Moreton (1991) utilizaram como medida de incerteza o desvio padrão da inflação e o desvio-padrão da previsão anual do crescimento da produção das firmas britânicas durante o período de 1978 a 1987. Os autores encontraram que a incerteza medida pelo desvio-padrão da previsão anual do crescimento da produção exerce uma influência negativa e significativa sobre o investimento. No entanto, ao incorporar os efeitos da incerteza da inflação no investimento, os autores não encontraram nenhuma influência significativa sobre o investimento.

Já Leahy e Whited (1996) analisaram o impacto da incerteza nas decisões de investimento utilizando a previsão da variância do retorno das ações como medida de incerteza para uma amostra com 772 firmas americanas no período de 1981 a 1987. Os autores ressaltaram que não seria razoável considerar a variância do retorno das ações como uma *proxy* para incerteza, pois, embora as cotações dos preços das ações estejam associadas às expectativas futuras da firma, os autores observaram que os preços das ações também podem estar sujeitos a comportamentos irracionais, bolhas especulativas, boatos, e outros fatores. Segundo os autores, isto resultaria em um excesso de volatilidade devido a informações não associadas à expectativa futura da firma, e, portanto, haveria um desinteresse desta medida como uma *proxy* para a incerteza. Desta forma, os autores argumentaram a necessidade de uma medida de incerteza que representasse somente as expectativas sobre os fundamentos da firma, como, por exemplo, o preço da opção da ação. Na palavra dos autores:

> Since uncertainty relates to expectations and not actual outcome, it would be incorrect to use the *ex post* volatility of asset returns as measure of the variability of the firm's environment. We therefore need an *ex ante* measure. One solution to this problem is to extract of return variance from option prices. (Leahy e Whited,1996, p. 69)

Como o preço da opção da ação não estava disponível em toda amostra, os autores optaram por utilizar o modelo GARCH (*generalized autoregressive conditional heteroscedasticity)* para estimar a previsão da variância do retorno das ações como uma medida de incerteza. O principal resultado obtido pelos autores mostrou que a incerteza exerce um efeito negativo nas decisões de investimento. Além disso, os autores agruparam a amostra de acordo com o beta do CAPM[2] e o nível de irreversibilidade de capital. A idéia era verificar se firmas com alto beta tendem a ser mais sensíveis à incerteza, e se o baixo grau de irreversibilidade de capital pode reduzir o impacto negativo da incerteza. No entanto, seus resultados não mostraram fortes evidências para comprovar que a incerteza afeta o investimento como indicado pelas teorias anteriores.

Utilizando a mesma medida de incerteza de Leahy e Whited (1996), Bloom, Bond e Reenen (2007) estudaram a dinâmica do investimento em condições de incerteza para as firmas britânicas durante o período de 1973 a 1991. Um termo de interação entre incerteza e crescimento das vendas foi incorporado no modelo do investimento com o objetivo de

---

[2] *Capital Asset Pricing Model* ou modelo de precificação de ativos de capital é utilizado para determinar o retorno esperado de um investimento considerando o risco sistemático.

verificar se em altos níveis de incerteza as firmas são mais cautelosas e respondem menos a mudanças no seu ambiente de mercado. Desse modo, os autores puderam mostrar que em elevados níveis de incerteza as firmas devem diminuir seus níveis de ajustamento do estoque de capital, e, em especial, responderiam menos a choques de demanda sobre o investimento.

O retorno diário das ações também foi utilizado por Baum, Caglayan e Talavera (2008), porém sob uma metodologia diferente da utilizada por Leahy e Whited (1996) e Bloom, Bond e Reenen (2007). Para investigar o comportamento do investimento das firmas americanas listadas na *Standard and Poor's Industrial* durante o período de 1984 a 2003, os autores consideraram três diferentes medidas de incerteza: a incerteza específica da firma, medida pela volatilidade do retorno diário das ações; a incerteza do mercado, medida pelo índice do mercado de capital, o índice S&P 500[3]; e uma medida de incerteza baseada na medida de risco do CAPM. Baum, Caglayan e Talavera (2008) mostraram que, ao incluir a incerteza específica da firma ou do mercado no modelo que incorpora as variáveis *q* de Tobin, as defasadas de fluxo de caixa e dívida, ambas divididas pelo imobilizado, e a defasada da variável dependente, as medidas de incerteza são negativas e estatisticamente significativas. Quando as três medidas de incerteza foram incorporadas no modelo de investimento, todas as medidas para a incerteza foram estatisticamente significativas. Enquanto que os coeficientes associados à incerteza específica da firma e à incerteza baseada na medida do CAPM apresentaram sinal negativo, o coeficiente da incerteza de mercado apresentou sinal positivo. Para os autores, uma razão para o valor positivo da medida de incerteza no mercado é que talvez esse parâmetro esteja representando a existência de uma opção real para os gestores investirem, de modo que as firmas possam apresentar uma maior oportunidade de expandir sua presença no mercado.

Baum, Caglayan e Talavera (2010a), utilizando a mesma base de dados e as mesmas medidas de incerteza utilizadas no seu trabalho de 2008, investigaram a relação do investimento com o fluxo de caixa em condições de incerteza. Seus resultados mostraram que o sinal do coeficiente da medida de incerteza, quando estatisticamente significativo, é negativo tanto para a incerteza específica da firma (medida pela volatilidade do retorno diário das ações) como para a incerteza do mercado (medida pelo índice do mercado de capital) e para a incerteza baseada na medida de risco do CAPM. No entanto, quando a incerteza foi

---

[3] O índice S&P 500 é um índice de desempenho de mercado das 500 companhias líderes nos Estados Unidos.

associada ao fluxo de caixa, os autores encontraram resultados ambíguos. Para a interação entre a incerteza específica da firma e o fluxo de caixa e também para a interação entre a incerteza baseada na medida de risco do CAPM e o fluxo de caixa, o coeficiente de ambas as interações é positivo e estatisticamente significativo, indicando que o investimento é mais sensível ao fluxo de caixa. Por outro lado, a interação entre a incerteza de mercado e fluxo de caixa apresentou efeito negativo sobre o investimento. Para os autores, este resultado sugere um comportamento cauteloso dos gestores, ou seja, quando a incerteza no mercado aumenta os gestores podem estar enfrentando dificuldades para identificar os melhores projetos de investimento, reduzindo assim o investimento.

Outro método encontrado na literatura para medir a incerteza é o uso da variância ou do desvio-padrão de variáveis que influenciam a decisão de investimento como demanda, lucro, vendas, preço, entre outras. Para ilustrar o efeito da incerteza nas decisões de investimento, Guiso e Parigi (1999) utilizaram como *proxy* para a incerteza o desvio padrão da demanda em relação ao estoque de capital da firma. Ao considerar o papel desempenhado pela irreversibilidade do capital nas decisões de investimentos das empresas, os autores observaram um efeito negativo da incerteza no investimento. Segundo os autores, a irreversibilidade de capital aumenta o valor da opção de espera, principalmente em condições de incerteza, o que consequentemente reduz o investimento atual. Os resultados de Guiso e Parigi (1999) também mostraram uma relação negativa mais intensa entre incerteza e investimento para firmas que apresentaram uma reduzida elasticidade preço da demanda. Outro resultado obtido foi que a relação negativa entre investimento e incerteza ocorre independentemente da restrição de liquidez, ou seja, quando medidas de racionamento de crédito foram utilizadas para controlar o acesso ao crédito, não houve uma alteração significativa da incerteza.[4]

Ghosal e Loungani (2000) utilizaram o desvio padrão do resíduo da equação que estima o lucro futuro como uma medida de incerteza. Os autores analisaram o impacto da incerteza no rendimento do investimento de 330 indústrias americanas no período de 1958 a 1991. A questão abordada no estudo foi se o impacto da incerteza no investimento é diferente das firmas nos mercados competitivos e oligopolizados. A interpretação dos seus resultados

---

[4]Os autores utilizaram a variável fluxo de caixa como uma *proxy* para a restrição financeira. Como esta variável pode refletir a lucratividade futura da firma, os autores também utilizaram uma variável *dummy* para o acesso ao crédito, construída através de um questionário realizado nas firmas.

mostrou que existe uma relação negativa entre incerteza e investimento, e esta relação é mais intensa para as firmas competitivas.

Já Sterken, Lensink e Bo (2002) consideraram a variância de vendas, preço da ação e número de empregados para incorporar os efeitos da incerteza. Neste estudo, os autores investigaram a relação entre investimento, fluxo de caixa e incerteza utilizando uma amostra com 96 firmas holandesas no período de 1985 a 1997. O objetivo dos autores foi investigar se a relação do investimento com o fluxo de caixa depende do nível de incerteza que a firma enfrenta, ou seja, se a incerteza faz com que a firma, com gerentes avessos ao risco, intensifique o uso do fluxo de caixa para realizar novos investimentos. Desta forma, para mostrar como a incerteza afeta a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa, os autores agruparam a variável fluxo de caixa em níveis de alta e baixa incerteza. Os resultados obtidos mostraram que, na presença de elevada incerteza, as firmas dependem mais do fluxo de caixa para realizar seus investimentos. Para os autores, este resultado deve-se ao fato de que as firmas mais afetadas pelo ambiente de alta incerteza são mais restritas financeiramente e por isso tendem a utilizar mais fundos internos para realizar seus investimentos.

Considerando o modelo proposto por Mc Donald e Siegal (1986), Boyle e Guthrie (2003) analisaram o comportamento das decisões de investimento considerando a presença da restrição financeira. Segundo os autores, as firmas não restritas financeiramente enfrentam incerteza apenas com relação ao retorno futuro do projeto, o que afeta negativamente o investimento devido ao aumento no valor da opção de espera para investir. Já na presença de restrição financeira, as firmas também apresentam incerteza em relação à capacidade de financiar investimento, e neste caso o efeito da incerteza é ambíguo. Se por um lado a incerteza sobre retorno futuro do projeto exerce influência negativa sobre o investimento, por outro lado o efeito da incerteza sobre a liquidez da firma tem efeito oposto. Isto ocorre porque a incerteza sobre a capacidade da firma para financiar investimento diminui o valor da opção de espera, o que consequentemente aumenta o investimento.

Como visto existe grande interesse da literatura em como considerar os efeitos da incerteza nas decisões de investimento. Em geral, medidas como a volatilidade do retorno do preço da ação, oscilação da inflação, variância da demanda e do preço tem sido utilizadas pela maioria dos pesquisadores para incorporar os efeitos da incerteza no investimento. O quadro 2.1 apresenta resumidamente importantes estudos internacionais que investigaram uma medida para incorporar a incerteza nas decisões de investimento das firmas.

Autor(es)	*País*	*Proxy para Incerteza*	*Efeito da Incerteza no investimento*
Abel (1983)	Abordagem Teórica	Variância do preço	Positivo
Pindyck (1991)	Abordagem Teórica	Preço e produção como processos aleatórios	Mudanças no estoque de capital e na produção
Driver e Moreton (1991)	U.K.	Dispersão da previsão do crescimento da produção e da inflação.	Negativo
Leahy e Whited (1996)	U.S.	Previsão da volatilidade do preço da opção da ação	Negativo
Guiso e Parigi (1999)	Itália	Desvio padrão da demanda esperada	Negativo
Ghosal e Loungani (2000)	U.S.	Desvio padrão dos resíduos da equação que estima o lucro futuro	Negativo
Ogawa e Suzuki (2000)	Japão	Desvio padrão condicional da taxa de crescimento das vendas.	Negativo
Goel e Ram (2000)	Vários Países	Desvio padrão e a volatilidade da inflação	Negativo
Sterken, Lensink e Bo (2002)	Holanda	Volatilidade de vendas, preço das ações, número de empregados	Positivo
Bo (2003)	Holanda	Desvios padrão de vendas e fluxo de caixa.	Negativo
Drakos e Goulas (2006)	Grécia	Volatilidade condicional do lucro líquido e o desvio padrão anual indicador *Economic Sentiment Indicator*	Negativo e positivo, conforme a *proxy* para incerteza
Baum, Caglayan e Talavera (2008)	U.S.	Volatilidade do retorno diária das ações, retorno do índice S&P e a covariância entre os retornos empresa e do mercado.	Negativo e positivo, conforme a *proxy* para incerteza

Quadro 2.1: Alguns estudos internacionais que consideram uma medida de incerteza nas decisões de investimento.
Fonte: Elaboração própria

Conforme o quadro 2.1, a incerteza tem sido incorporada sobre o comportamento de diversas variáveis. Isto porque a incerteza pode capturar tanto as condições de instabilidade macroeconômicas como o ambiente específico de cada firma. Além disso, pode-se observar que apesar da literatura propor distintos métodos para considerar uma *proxy* para a incerteza, não há, no entanto, uma conclusão em como a incerteza pode afetar o comportamento das decisões de investimento das firmas. Em geral, a maioria dos estudos tem encontrado que a incerteza pode afetar as decisões de investimento negativamente.

A relação negativa entre incerteza e investimento também tem sido frequentemente observada sobre a abordagem das opções reais e irreversibilidade de capital. Nesse contexto, a oportunidade de investimento é visto como uma opção de realizar ou adiar um investimento com irreversibilidade de capital até que mais informações estejam disponíveis e possam ser avaliadas. A próxima seção apresenta os principais estudos que enfatizam as opções reais na análise das decisões de investimentos em condições de incerteza.

2.2 Opções reais

A abordagem das opções reais tem sido utilizada na literatura do investimento em condições de incerteza como uma explicação para o efeito negativo da incerteza nas decisões de investimento, principalmente para os investimentos com alta irreversibilidade de capital. A teoria das opções reais, análoga a opção utilizada nos ativos financeiros no mercado de capitais, declara que uma firma pode aumentar seus ganhos devido à possibilidade de esperar para investir em vez de investir imediatamente, ou seja, a firma tem a opção, mas não a obrigação, de realizar o investimento. Para Dixit e Pindyck (1994) a incerteza, a irreversibilidade de capital e a opção são os principais determinantes para qualquer tomada de decisão de investimento.[5] Os autores explicaram que o custo de oportunidade de capital, gerado pela possibilidade de adiar um investimento, é altamente sensível à incerteza. Isto

[5] Os autores alertaram para três importantes características que determinam a decisão de investimento. Primeiro, o custo do investimento não é totalmente reversível, ou seja, não é possível recuperar todo o capital investido caso o projeto não obtenha sucesso. Segundo, não é possível ter uma previsão exata do retorno do investimento, ou seja, o investidor enfrentará problemas como a incerteza sobre as condições do mercado, previsão da demanda, preço de produção e outros. Terceiro, a firma pode ter a opção de realizar ou adiar um investimento, esperando até que mais informações do ambiente econômico estejam disponíveis e possam ser avaliadas.

significa que quanto maior for a incerteza sobre o futuro, maior será o custo de oportunidade de capital afetando assim o comportamento das decisões de investimento.

Para explicar como as opções reais afetam as decisões de investimento das firmas em condições de incerteza, Driver, Temple e Urga (2006) incorporaram a abordagem das opções reais nas decisões de investimento, considerando os investimentos em equipamentos e imóveis. Para os autores, a intuição é que um aumento no valor da opção de venda desses ativos, proporcionada pelo aumento do seu preço de revenda, reduz a irreversibilidade de capital e, consequentemente aumenta o incentivo para o investimento, enquanto que um aumento no valor da opção de compra, resultado do aumento do seu preço de compra, reduz o investimento. Em condições de incerteza, os autores observaram que a incerteza pode aumentar tanto o valor da opção de venda como o valor da opção de compra dos ativos. Outro resultado obtido em condições de incerteza é que, o aumento do valor da opção de compra de um equipamento é maior do que o aumento do valor da opção de compra de um imóvel, e que o aumento do valor da opção de venda do imóvel é maior do que o aumento do valor da opção de venda do equipamento. Em resumo, a incerteza tende a aumentar tanto a opção de venda como a opção de compra, porém o efeito da incerteza no investimento é ambíguo, ou seja, a incerteza aumenta o valor da opção de venda aumentando o investimento, enquanto que o aumento no valor da opção de compra reduz o investimento.

Bulan (2005) utilizou a abordagem de opções reais para explicar a relação entre incerteza e investimento de uma amostra com 2901 firmas americanas durante o período de 1964 a 1999. Para explicar a oportunidade do investimento, a autora utilizou as variáveis *q* de Tobin, vendas (que é baseada na medida da lucratividade marginal de capital da firma), fluxo de caixa, e três *proxies* para a incerteza. A incerteza foi medida pela volatilidade do retorno diário das ações, que foi agrupada de acordo com a incerteza específica da firma, incerteza da indústria e a incerteza do mercado. A incerteza específica da firma foi estimada pelo desvio padrão do resíduo da equação do retorno diário da firma, dado por:

$$r_{i\tau} = \alpha_{it} + \beta_{it} r_{M\tau} + \gamma_{it} r_{I\tau} + \varepsilon_{it} \tag{2.1}$$

em que τ é o volume de negociações no período *t*, *i* é o número de firmas, $r_{i\tau}$ é o retorno diário da firma, $r_{M\tau}$ e $r_{I\tau}$ são respectivamente o retorno diário do mercado e da indústria.

Bulan (2005) considerou a incerteza do mercado pela expressão $\hat{\beta}_{it}\hat{\sigma}_{Mt}$ (a volatilidade anual do retorno de mercado, $\hat{\sigma}_{Mt}$, multiplicada pelo parâmetro estimado, $\hat{\beta}_{it}$) e a incerteza da indústria pela expressão $\hat{\gamma}_{it}\hat{\sigma}_{it}$ (a volatilidade anual do retorno da indústria, $\hat{\sigma}_{it}$, multiplicada pelo parâmetro estimado, $\hat{\gamma}_{it}$). O principal resultado econômico encontrado foi a presença de uma forte redução na taxa do investimento quando o nível de incerteza no ambiente da firma é elevado. Além disso, esse resultado manteve-se mesmo quando se incorporou ao modelo as variáveis *q* de Tobin, vendas e fluxo de caixa.

Além dos trabalhos citados, também são encontrados na literatura outros estudos que procuram examinar a relação entre incerteza e investimento considerando a presença da irreversibilidade de capital. Essa literatura intensificou-se, sobretudo, após estudos empíricos de Pindyck (1991) ao considerar que o custo do investimento é pelo menos parcialmente irreversível e que a irreversibilidade pode ter importantes implicações sobre o comportamento do investimento. Dessa forma, torna-se interessante analisar como a irreversibilidade de capital pode influenciar na relação entre incerteza e investimento.

2.3 Irreversibilidade de capital

A irreversibilidade de capital é compreendida como todos os custos envolvidos em um projeto de um investimento que não podem ser recuperados. Essa abordagem é muito estudada na literatura porque auxilia na determinação do impacto da incerteza no comportamento das decisões de investimento. Como consequência da irreversibilidade, as firmas serão mais cautelosas em suas decisões de investimento e esse quadro é mais evidente na presença de elevados níveis de incerteza.

A vasta literatura também tem mostrado grande interesse em uma medida para considerar o grau de irreversibilidade de capital das firmas e assim estudar as suas implicações nas decisões de investimento em incerteza. Guiso e Parigi (1999) propuseram a construção de dois indicadores para medir irreversibilidade de capital, tendo como escopo investigar os efeitos da irreversibilidade de capital na relação entre demanda incerta e investimento. O primeiro indicador de irreversibilidade de capital foi obtido de acordo com um questionário realizado em cada firma, cujo objetivo foi identificar as firmas que podem

liquidar o capital instalado com maior facilidade. Já o segundo indicador de irreversibilidade foi baseado na liquidez dos ativos da firma, conforme proposta Shleifer e Vishny (1992).[6] Utilizando ambas variáveis de irreversibilidade de capital, Guiso e Parigi (1999) mostraram que a incerteza presente na demanda reduz o investimento, e a relação negativa entre incerteza e investimento foi mais intensa nas firmas com maior irreversibilidade de capital.

Ogawa e Suzuki (2000) analisaram o comportamento do investimento de 389 firmas japonesas no período de 1970 a 1993. A medida de incerteza utilizada por esses autores foi o desvio padrão da taxa do crescimento de venda. Os autores mostraram que existe uma relação negativa entre incerteza e investimento, sendo que a alta incerteza exerce um efeito negativo mais intenso nas decisões de investimento das firmas com maior grau de irreversibilidade de capital.[7]

Goel e Ram (2001) estudaram o impacto da incerteza nas decisões de investimentos em nove países[8] no período de 1981 a 1992, considerando a irreversibilidade de capital presente nos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D).[9] Para incorporar os efeitos da incerteza nas decisões de investimento os autores utilizaram como medida de incerteza a média e o desvio padrão da inflação. Assim, separando os investimentos em P&D dos investimentos que não envolvem P&D, Goel e Ram (2001) mostraram que para os investimentos que não envolviam P&D a incerteza afetou negativamente o investimento, enquanto que para os investimentos em P&D o impacto negativo da incerteza foi mais intenso, ou seja, quanto maior o grau de irreversibilidade maior o impacto negativo da incerteza no investimento.

Além do papel da irreversibilidade de capital, Drakos e Goulas (2006) com uma amostra 330 firmas[10] no período de 1987 a 2002 consideraram também o poder de mercado e o retorno de escala para identificar a relação entre incerteza e investimento. Os autores

---

[6] Ver Shleifer e Vishny (1992) ou Guiso e Parisi (1999).

[7] Para os autores as firmas dos setores de químicas, de aço e de metais possuem maior grau de irreversibilidade de capital.

[8] Os países estudados por Goel e Ram (2001) são: Bélgica, Canadá, Dinamarca, França, Alemanha, Itália, Japão, Inglaterra e Estados Unidos.

[9] Segundo os autores, as despesas em P&D envolvem tanto alto custo de profissional especializado e qualificado, como alto custo de inovação e equipamento e materiais extremamente específicos da firma que em geral são altamente irreversíveis.

[10] As 330 firmas referem-se a um conjunto de firmas composta pelos seguintes países: Áustria, Bélgica, Itália, França, Holanda, Alemanha, Finlândia, Espanha, Portugal, Suécia e Dinamarca.

definiram o poder de mercado pela variável preço-custo marginal, conforme trabalho de Domowitz, Hubbard e Petersen (1987), a irreversibilidade foi medida pela variância da razão trabalho-capital e o retorno de escala foi medido a partir das estimativas dos parâmetros da função de produção log-linear Cobb-Douglas. Para incorporar os efeitos da incerteza nas decisões de investimento, os autores utilizaram duas medidas de incerteza, a incerteza específica da firma, baseada na volatilidade do lucro, e a incerteza do mercado, baseada no desvio padrão anual do *Economic Sentiment Indicator*[11]. Seus resultados mostraram que o alto poder de mercado, alta irreversibilidade de capital e o retorno decrescente de escala intensificam o efeito negativo da incerteza nas decisões de investimento.

Guariglia, Tsoukalas e Tsoukas (2010) investigaram o comportamento do investimento com irreversibilidade de capital utilizando uma amostra com 4223 firmas da Bulgária, República Tcheca, Polônia e Romênia para o período de 1998 a 2005. De acordo com a literatura, os autores também mostraram que firmas com alto nível de irreversibilidade de capital, medido pela variância da razão trabalho-capital, são mais relutantes em aumentar seus investimentos. Além disso, neste estudo os autores também consideraram os efeitos da restrição financeira nas decisões de investimento. Os resultados obtidos mostraram uma maior dificuldade para financiamento externo nos investimentos com alta irreversibilidade.

Drakos (2011) analisando uma amostra com 6119 firmas da Grécia durante o período de 1993 a 2005 considerou o papel da restrição financeira e da irreversibilidade de capital para explicar para o efeito da incerteza nas decisões de investimento. Analisando o efeito de três diferentes medidas de incerteza - a incerteza específica da firma, a incerteza da indústria e a incerteza de mercado - o autor encontrou evidências de que a incerteza exerce influência negativa nas decisões de investimento, principalmente para as firmas consideradas mais financeiramente restritas e para as firmas com maior irreversibilidade de capital.

Existe uma ampla literatura que busca evidências empíricas do comportamento das decisões de investimento focando em temas como a incerteza, opções reais e irreversibilidade de capital. Apesar do forte impacto desses fatores nas decisões de investimento, outra abordagem que é de grande interesse da literatura é a discussão da presença da restrição financeira nas decisões de investimento. Embora muitos trabalhos na literatura procuram evidenciar a relação incerteza e investimento e outros analisar a presença da restrição

---

[11] É um indicador que monitora a evolução econômica em diferentes setores da economia da União Européia.

financeira nas decisões de investimento, há poucos trabalhos que incorporam ambas as literaturas para estudar o investimento.[12] Dessa forma, a próxima seção apresenta os principais estudos que investigam a presença da restrição financeira nas decisões de investimentos.

2.4 Restrição financeira

Um tema que tem sido intensamente explorado na literatura é a presença da restrição financeira nas decisões de investimento das firmas. A dificuldade de acesso ao crédito surge tanto das condições financeiras da firma como dos problemas originados das imperfeições do mercado de capital, como por exemplo, a assimetria de informação. Em geral, muitos pesquisadores têm tentado identificar a presença da restrição financeira sobre o investimento partindo do pressuposto de que os problemas no mercado de capital, principalmente a assimetria de informação, diminuem a capacidade de financiamento da empresa, o que afetaria negativamente as oportunidades de investimento.

Essa discussão intensificou-se com o estudo seminal de Fazzari, Hubbard e Petersen (1988), os quais investigaram o comportamento das decisões de investimentos de 422 firmas americanas no período de 1969 a 1984, observando se a liquidez da firma seria significativa para explicar o investimento das firmas agrupadas de acordo com a política de pagamento de dividendo. Seus resultados mostraram que a estimativa do parâmetro da variável fluxo de caixa é estatisticamente significativa para explicar o investimento nos modelos utilizados - neoclássico, *q* de Tobin e acelerador. Além disso, as firmas com baixa taxa de pagamento de dividendos apresentaram maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa do que as firmas com altas taxas de pagamento de dividendos. De acordo com a interpretação dos autores, o investimento é sensível ao fluxo de caixa, pois as firmas utilizam mais recursos internos quando o acesso a recursos externos é limitado e seu custo é alto e, portanto as firmas mais restritas financeiramente apresentam maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa do que as menos restritas.

---

[12] Como visto em Sterken, Lensink e Bo (2002), Bo, Lensink e Sterken (2003), Boyle e Guthrie (2003), Baum, Caglayan e Talavera (2010) e Guariglia, Tsoukalas e Tsoukas (2010).

No entanto, existem críticas quanto a interpretação da alta sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa como um indicador de restrição financeira. Kaplan e Zingales (1997) questionaram essa abordagem já que ela poderia fornecer pouca informação sobre a presença da restrição financeira, ou seja, para os autores não se pode afirmar que uma firma tem restrição financeira pelo critério da sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa. Utilizando 49 firmas da base de dados do estudo de Fazzari *et al.* (1988) e que foram classificadas como firmas com baixa taxa de pagamento de dividendos e identificadas como firmas restritas financeiramente, Kaplan e Zingales (1997) mostraram que a maioria dessas firmas não poderiam ser realmente consideradas restritas financeiramente. Além disso, os autores encontraram uma alta sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa para as firmas consideradas menos restritas financeiramente.

A literatura tem assistido a um enorme interesse e debate com inúmeras pesquisas sobre restrição financeira controlando a rentabilidade futura e as oportunidades de investimento das firmas pelo agrupamento da amostra. Devereux e Schiantarelli (1990) utilizaram as características das firmas como a idade, o tamanho e o setor, para investigar o comportamento e o desempenho do investimento de 720 firmas britânicas no período de 1969 a 1986. Eles observaram que a variável fluxo de caixa exerce um papel mais importante nas decisões de investimento das grandes firmas do que nas firmas de pequeno porte. Para os autores esse resultado deve-se ao fato de que a classificação por tamanho pode representar uma *proxy* para a estrutura de propriedade, ou seja, este resultado pode estar refletindo a possibilidade de que as firmas de grande porte apresentam uma estrutura de propriedade mais diversificada, a qual tende a aumentar os custos de agência. Em relação as firmas classificadas pela idade e setor, os autores mostraram que as firmas consideradas mais jovens e os setores em crescimento apresentam uma maior necessidade de capital externo.

Hsiao e Tahmiscioglu (1997) investigaram a presença da restrição financeira nas decisões de investimento de um conjunto de 561 firmas americanas no período de 1971 a 1992, classificadas em alta e baixa intensidade de capital. Neste estudo, os autores utilizaram o modelo misto para analisar a influência da variável de liquidez sobre as decisões de investimento. Os resultados mostraram que coeficiente da variável de liquidez das firmas mais intensivas em capital é maior quando comparado com as firmas menos intensivas, indicando que as firmas mais intensivas em capital podem ser consideradas mais restritas financeiramente.

Hall (1992), Himmelberg e Petersen (1994), Bond, Harhoff e Reenen (1999) e Czarnitzki and Hottenrott (2009) investigaram a presença da restrição financeira nas decisões de investimento considerando os investimentos em ativos fixos e em P&D. Hall (1992) e Himmelberg e Petersen (1994), utilizando dados de firmas americanas, mostraram que as empresas enfrentam uma maior restrição financeira para realizarem investimentos em P&D. Resultados semelhantes foram encontrados para firmas alemãs nos estudos de Bond, Harhoff e Reenen (1999) e Czarnitzki and Hottenrott (2009), em que os autores mostraram uma maior dificuldade de acesso ao crédito para os investimentos em P&D. Como argumentado por Czarnitzki and Hottenrott (2009, p.79) "Financing R&D activities externally may be costly due to outcome uncertainty, asymmetric information and incomplete appropriability of returns".

Além dos trabalhados citados acima, Allayannis e Mozumdar (2004), Bhagat, Moyen e Suh 2005, e Cleary, Povel e Raith (2007) examinaram a presença da restrição financeira agrupando as firmas de acordo com sua liquidez interna, isto é, firmas com lucros negativos e restritas financeiramente e firmas financeiramente saudáveis. Allayannis e Mozumbar (2004), baseando-se na amostra e na metodologia de Cleary (1999)[13], examinaram a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa excluindo da amostra as firmas com o fluxo de caixa negativo. Segundo os autores o fluxo de caixa negativo além de reduzir a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa, pode também representar uma *proxy* para identificar grupos de firmas com dificuldades financeiras. Como a maioria das firmas com dificuldades financeiras pertence ao grupo de firmas consideradas restritas financeiramente então pode-se esperar uma menor estimativa da sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa. No entanto, ao excluir as observações com fluxo de caixa negativo os autores não encontraram diferenças na sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa entre os grupos. Este resultado permitiu aos autores concluírem que os resultados obtidos por Cleary (1999) estavam influenciados pela presença de firmas com dificuldades financeiras.

A partir do estudo de Allayannis e Mozumbar (2004), Bhagat, Moyen e Suh (2005) analisaram o comportamento do investimento de firmas americanas no período de 1979 a

---

[13] Cleary (1999) classificou as firmas em três diferentes grupos: as firmas não restritas financeiramente, as firmas parcialmente restritas e as firmas financeiramente restritas. Essa classificação foi obtida de acordo com um índice de *status* financeiro, calculado através dos valores de liquidez, folga financeira, lucro líquido, taxa de crescimento de vendas e dívida da firma.

1996, agrupadas em firmas com dificuldades financeiras e com lucro operacional, e firmas com dificuldades financeiras e com perda operacional. Os autores encontraram uma sensibilidade positiva do investimento ao fluxo de caixa para as firmas com dificuldades financeiras e com lucro operacional, e para as firmas consideradas financeiramente saudáveis. Por outro lado, as firmas com dificuldades financeiras e com perda operacional apresentaram sensibilidade negativa do investimento ao fluxo de caixa. Os autores argumentaram que o comportamento do investimento das firmas com dificuldades financeiras e com perda operacional poderia estar refletindo os investimentos com expectativa de obter um melhor desempenho operacional no futuro.

Em estudos com firmas brasileiras, Kalatzis, Azzoni e Achcar (2008) investigaram a presença da restrição financeira nas decisões de investimento de 497 firmas no período de 1986 a 1997 classificadas de acordo com a intensidade de capital. Seus resultados mostraram que as firmas mais intensivas em capital, quando comparadas com as firmas com menor intensidade de capital, apresentam baixos índices de lucratividade e alta sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa, além da diferença estatisticamente significativa dos coeficientes do fluxo de caixa entre os grupos. Este resultado permitiu interpretar que a variável fluxo de caixa não estaria representando a rentabilidade futura da firma, mas sim uma *proxy* para considerar os efeitos da restrição financeira. Desta forma, as firmas mais intensivas em capital poderiam estar enfrentando maior restrição financeira do que as firmas com menor intensidade de capital. Em outro estudo com a mesma base de dados, porém sob uma metodologia bayesiana, Kalatzis e Azzoni (2009) também mostraram que as firmas mais intensivas em capital estão sujeitas a uma maior restrição financeira em suas decisões de investimento. Para os autores, esse resultado está de acordo com a literatura já que as firmas mais intensivas em capital apresentam baixos índices de rentabilidade e altos custos fixos.

Usualmente a literatura enfatiza que as firmas sujeitas a um maior grau de restrição financeira podem apresentar alta sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa quando comparadas com as firmas menos restritas financeiramente. Muitos estudos têm analisado esta questão, dividindo a amostra em diferentes grupos de firmas e comparando os valores estimados do parâmetro da variável fluxo de caixa na equação do investimento. Se a variável fluxo de caixa não estiver fornecendo informações sobre a lucratividade futura, e a diferença entre os coeficientes do fluxo de caixa para os distintos grupos de firmas for estatisticamente

significativa, então a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa pode ser interpretado como um indicador de restrição financeira.

No entanto, a literatura também apresenta críticas quanto a análise da sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa como um indicador de restrição financeira. Almeida, Campello e Weisbach (2004) utilizaram a sensibilidade do caixa ao fluxo de caixa para identificar a presença de restrição financeira nas firmas americanas no período de 1971 a 2000, agrupadas de acordo com a política de pagamento de dividendos, tamanho, *bond rating*, *commercial paper rating* e índice KZ[14]. Exceto quando as firmas são agrupadas pelo índice KZ, os autores mostraram que a sensibilidade do caixa ao fluxo de caixa das firmas restritas financeiramente é significativo e positivo, enquanto que para as firmas não restritas a sensibilidade do caixa ao fluxo de caixa não é significativa. Para os autores a sensibilidade do caixa ao fluxo de caixa é uma medida que pode ser interpretada como um indicador de restrição financeira, pois as firmas restritas financeiramente tendem a aumentar sua propensão para reter caixa enquanto que as firmas irrestritas não.

Recentemente, Denis e Sibilkov (2010) investigaram o comportamento do saldo de caixa nas firmas consideradas mais restritas financeiramente. Os autores agruparam uma amostra de firmas americanas durante o período de 1985 a 2006 em quatro diferentes critérios para identificar a presença da restrição financeira: taxa de pagamento de dividendos, tamanho, dívida de curto e longo prazo. Os resultados mostraram que a disponibilidade de saldo de caixa estaria associada a altos níveis de investimento para as firmas restritas financeiramente. No entanto, os autores também observaram para algumas firmas financeiramente restritas reduzido saldo de caixa. Segundo os autores, o baixo saldo de caixa de algumas firmas restritas poderia estar associado ao fraco desempenho financeiro dessas empresas.[15]

Diversos estudos têm mostrado grande preocupação no que se refere à presença da

---

[14] Conforme apresentado por Lamont, Polk e Saá-Requejo (2001), o índice KZ é dado por: $KZ_{it} = -(1.001906 FC/K_{t-1}) + (0.2826389 Q) + (3.139193 D/TotCap_t) - (39.3678 Div/K_{t-1}) - (1.314759 Caixa/K_{t-1})$ em que *FC* é o fluxo de caixa, *K* o estoque de capital, *Q* é a variável *q* de Tobin, *D* é a variável dívida total, *TotCap* é o capital total, *Div* são os dividendos e *Caixa* é a soma do caixa da firmas com os títulos de curto prazo.

[15] Denis e Sibilkov (2010) consideraram três hipóteses para explicar porque algumas firmas restritas financeiramente mantêm reduzido saldo de caixa: primeiro, o baixo saldo de caixa é resultado de potencias ou atuais problemas de agência; segundo, a firma não apresenta boa condição financeira; e terceiro, é possível que o custo de financiamento externo seja mais baixo para algumas empresas. Entretanto, os autores somente encontraram evidências de que o baixo saldo de caixa de algumas firmas restritas está relacionado ao fraco desempenho financeira da empresa.

restrição financeira sobre as decisões de investimentos das firmas. A principal questão deve-se a forma de classificação das firmas de acordo com suas características, a fim de separar os efeitos da restrição financeira sobre as decisões de investimento. Enquanto alguns autores testaram a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa para identificar a presença da restrição financeira, outros criticaram essa medida como uma *proxy* para restrição financeira.

A partir dos estudos citados, pode-se verificar que a literatura tem mostrado interesse no que se refere à restrição financeira e aos efeitos da incerteza no investimento, sendo que são poucos os estudos que consideram ambas as literaturas para estudar o comportamento do investimento. Desta forma, esta pesquisa procura trazer importantes contribuições ao investigar a presença da restrição financeira nas decisões de investimento em condições de incerteza, o qual incorpora a incerteza nas variáveis vendas e fluxo de caixa através de um processo estocástico e classifica as firmas por intensidade de capital, por tamanho e por grau tecnológico. Este estudo também procura contribuir à literatura nacional ao utilizar uma versão do modelo acelerador do investimento, cujos parâmetros são estimados utilizando o modelo misto. O modelo misto permite considerar a existência tanto de efeitos fixos como de efeitos aleatórios em um mesmo modelo, o que é preferível no presente trabalho, pois do ponto de vista econômico faz mais sentido dizer que os parâmetros das variáveis independentes podem apresentar alguma variabilidade de firma para firma. Além do mais, o modelo misto, com ou sem incerteza, ainda não foi utilizado na análise de investimento em estudos das firmas brasileiras.

3. DADOS, MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO E INCERTEZA.

O objetivo deste capítulo é apresentar, de forma resumida, os métodos de estimação com dados em painel utilizados neste estudo, que consistem em: efeito fixo (E.F), variável instrumental (V.I) e o modelo misto (MM).

Ainda neste capítulo é apresentado o método utilizado para incorporar a incerteza nas variáveis vendas e fluxo de caixa. Além disso, agrupou-se a variável fluxo de caixa em alta e baixa incerteza, utilizando três diferentes medidas de incerteza: o desvio-padrão de vendas, o desvio-padrão do fluxo de caixa e a variação anual do índice Ibovespa. Enquanto o desvio-padrão de vendas e fluxo de caixa representam uma medida para a incerteza específica da firma, considerando, respectivamente, a incerteza presente na demanda e a incerteza sobre os benefícios do investimento, a variação do Ibovespa representa uma medida de incerteza de mercado, que considera o efeito da instabilidade das condições do mercado financeiro nas decisões de investimento.

Dentro deste contexto, este capítulo está organizado da seguinte maneira: a seção 3.1 descreve a base de dados e apresenta uma breve discussão dos métodos de estimação para dados em painel; a seção 3.1.1 apresenta a estrutura geral do modelo misto; e finalmente a seção 3.2 apresenta como é incorporada a incerteza nas variáveis vendas e fluxo de caixa.

3.1 Dados e modelo.

A amostra utilizada neste estudo para analisar o comportamento do investimento em condições de incerteza refere-se a um painel não balanceado contendo 1223 firmas brasileiras no período de 1986 a 2006, cuja fonte é o Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas - IBRE/FGV e foram coletados da Gazeta Mercantil e Diário Oficial.[16] Deste foram excluídas as empresas financeiras, as empresas do setor de serviços públicos e as empresas que apresentaram dados inconsistentes.

---

[16] Nesta base de dados optou-se por utilizar um painel não balanceado a fim de incluir o maior número possível de informações, totalizando 1223 firmas brasileiras em um período de 20 anos.

Para essa base dados foi incluída a variação anual do índice de fechamento do Ibovespa referente ao período de 1986 a 2006, obtida através do site da BM&FBovespa. [17] A inclusão desta variável na amostra permite considerar uma medida de incerteza referente às condições de instabilidade do mercado, colaborando assim com a análise do comportamento das decisões de investimento das firmas brasileiras em condições de incerteza.

Todas as informações contidas nesta base de dados foram deflacionadas segundo o Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI). Além disso, para o período de 1986 a 1994, o qual incorpora seis planos econômicos, fez-se necessária uma atualização monetária das quantias expressas em moedas brasileiras anteriores ao plano real.

Desta forma, da amostra foram utilizadas para esse estudo as variáveis: investimento, fluxo de caixa, vendas e dívida. A variável investimento é definida pela diferença do imobilizado no tempo t com o imobilizado no tempo $t-1$, a variável fluxo de caixa é estimada somando as variáveis lucro líquido e depreciação, a variável vendas refere-se à receita operacional líquida e a variável dívida ao exigível de longo prazo. Foram calculados também alguns dos principais indicadores financeiros das firmas, os quais buscam auxiliar na interpretação das estimativas obtidas, dando suporte aos resultados já obtidos na literatura sobre as decisões de investimento.

Após a definição das variáveis, analisar-se-á o comportamento do investimento considerando as variáveis vendas, fluxo de caixa, dívida e o investimento defasado. No presente estudo, a equação do investimento utilizada refere-se a um modelo dinâmico cuja forma geral é escrita como:

$$Y_{jt} = \alpha_j + \beta_1 Y_{jt-1} + \beta_2 Y_{jt-1}^2 + \beta_3 X_{jt} + \varepsilon_{jt} \tag{3.1}$$

em que j = 1, …, N e t = 1, ..., T representam as firmas e o tempo, respectivamente; Y_{jt} é a variável dependente e Y_{jt-1} é a variável dependente defasada em um período; X_{jt} representa a matriz das variáveis independentes; α_j é o efeito específico da firma e ε_{jt} é o erro.

O modelo (3.1) incorpora uma variável não observável, o efeito específico da firma, que na prática pode ser tratado como efeito fixo ou como efeito aleatório. Enquanto o modelo de efeito aleatório é caracterizado pela possibilidade de se realizar a inferência sobre a população como um todo e por admitir a hipótese de não correlação entre o efeito específico e

---

[17] http://www.bmfbovespa.com.br/indices/ResumoVariacaoAnual.aspx?Indice=IBOVESPA&idioma=pt-br

os regressores, o efeito fixo limita sua inferência à amostra e admite a hipótese de correlação entre o efeito específico com qualquer um dos regressores.

Para escolher qual modelo é o mais apropriado utilizou-se o teste de Hausman, proposto por Hausman (1978). A idéia básica do teste de Hausman é comparar se existe diferença significativa entre os estimadores do modelo de efeito fixo e do modelo de efeito aleatório. Uma razão para testar a diferença entre os dois estimadores é que isto indica a existência de correlação entre as variáveis explicativas e o efeito específico. Desta forma, a rejeição da hipótese indica que é mais apropriado tratar o efeito específico como efeito fixo.

Na aplicação deste estudo utilizou-se o efeito específico da firma como efeito fixo devido à possibilidade da presença de correlação com algum dos regressores, de acordo com o teste de Hausman.[18] No entanto, quando o efeito específico da firma está correlacionado com algum dos regressores, o método dos míninos quadrados não produz estimadores consistentes; neste caso, o método de estimação para modelos com efeito fixo consiste em buscar uma transformação que elimine o efeito específico, como:

$$(y_{jt} - \bar{y}_{jt}) = (\alpha_j - \bar{\alpha}_j) + \beta_1(y_{jt-1} - \bar{y}_{jt-1}) + \beta_2(y^2_{jt-1} - \bar{y}^2_{jt-1}) + \beta_3(x_{jt} - \bar{x}_{jt}) + (\varepsilon_{jt} - \bar{\varepsilon}_{jt}) \quad (3.2)$$

em que $\bar{y}_j$, $\bar{x}_j$, $\bar{\varepsilon}_j$ são os valores médios em relação a cada *j*, respectivamente de y_{jt}, x_{jt}, ε_{jt}. A transformação acima elimina o efeito específico, $(\alpha_j - \bar{\alpha}_j) = 0$, e fornece uma base para a estimação dos parâmetros.[19] No entanto, o estimador em (3.2) é viesado e inconsistente quando $N \to \infty$ e *T* é fixo. Isto ocorre porque a transformação que elimina o efeito específico introduz a correlação entre a variável dependente defasada e o erro. O efeito específico da firma também pode ser eliminado utilizando a transformação da primeira diferença, porém, nesta situação o estimador será inconsistente devido à correlação entre y_{jt-1} e ε_{jt-1}, mesmo quando $T \to \infty$.

Dentro deste contexto, Anderson e Hsiao (1981) sugeriram utilizar, após a transformação da primeira diferença, o método da variável instrumental com as variáveis Δy_{it-2} ou y_{it-2} como instrumentos para Δy_{it-1}. Apesar desse método fornecer estimativas consistentes, elas não são necessariamente eficientes já que o método não utiliza todas as

---

[18] O resultado do teste de Hausman foi $\chi^2\ 5 = 202.04$ e $\text{Prob} > \chi^2 = 0.00$, rejeitando a hipótese nula de igualdade entre as estimativas do modelo com efeito fixo e efeito aleatório.

[19] Os parâmetros são estimados utilizando o método dos mínimos quadrados.

condições do momento disponível (Ahn e Schmidt, 1995 apud Baltagi, 2005).[20] Já Arellano e Bond (1991) sugeriram tratar o problema da endogeneidade utilizando o método generalizado dos momentos. No entanto, não é uma tarefa fácil encontrar um conjunto de instrumentos que sejam válidos e relevantes, podendo gerar problemas para a estimação. Baum, Schaffer e Stillman (2003) observaram que nos casos em que o poder explicativo dos instrumentos é fraco, o viés do estimador da variável instrumental é o mesmo do estimador dos mínimos quadrados ordinários, ou seja, não há ganhos em utilizar o método da variável instrumental.

Outra importante questão quando se utiliza o estimador de efeito fixo ou variável instrumental para estimar os parâmetros de um modelo dinâmico é que esses métodos de estimação não consideram a heterogeneidade dos coeficientes entre as unidades em *cross section*. Como Weinhold (1999) observou, a suposição de homogeneidade imposta aos coeficientes das variáveis exógenas e endógenas pode introduzir um viés na estimação. Para a autora, utilizar um modelo que permita considerar a heterogeneidade nos coeficientes das variáveis independentes, tal como o modelo misto, evita o viés introduzido pela suposição de homogeneidade sobre o coeficiente da variável dependente defasada.

Dentro da literatura pesquisada, o único trabalho até então encontrado que utiliza o modelo misto na investigação da presença da restrição financeira nas decisões de investimento é o de Hsiao e Tahmiscioglu (1997). Os autores analisaram as decisões de investimento através das estimativas de dois modelos de regressão, o modelo misto e o modelo de efeito fixo. Seus resultados mostraram que o modelo misto é preferido quando comparado com o modelo de efeito fixo. Isto se deve ao fato de que o modelo misto permite acrescentar alguma variabilidade nas estimativas dos parâmetros, proporcionando melhores conclusões a respeito do impacto da variável de liquidez na decisão de investimento.

3.1.1 Modelo misto.

Utilizando a notação de Lindstrom e Bates (1988), o modelo misto é dado por:

$$y_i = X_i\beta + Z_i b_i + \varepsilon_i, \qquad i = 1, 2, 3, ..., n \tag{3.3}$$

[20] Ahn, S.C. e Schmidt,P. Efficient estimation of models for dynamic panel data, *Journal of Econometrics*, 68, 5-27, 1995.

em que y_i é o vetor de observações da variável dependente para a firma i, X_i e Z_i são matrizes de variáveis independentes,

$$X_i = \begin{pmatrix} X_{1i}^{1} & X_{1i}^{2} & \dots & X_{1i}^{p} \\ X_{2i}^{1} & X_{2i}^{2} & \dots & X_{2i}^{p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{ni}^{1} & X_{ni}^{2} & \dots & X_{ni}^{p} \end{pmatrix} \text{ e } Z_i = \begin{pmatrix} Z_{1i}^{1} & Z_{1i}^{2} & \dots & Z_{1i}^{q} \\ Z_{2i}^{1} & Z_{2i}^{2} & \dots & Z_{2i}^{q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{ni}^{1} & Z_{ni}^{2} & \dots & Z_{ni}^{q} \end{pmatrix}$$

β é o vetor de efeito fixo com dimensão $p \times 1$ (em que p é o número de parâmetros de efeito fixo), b_i é o vetor de efeito aleatório com dimensão $q \times 1$ (em que q é o número de parâmetros de efeito aleatório) com $b_i \sim N\ 0, \sigma_b^2 D$ e ε_i é o vetor de erros aleatórios.[21]

Os elementos da diagonal principal da matriz de covariância e variância de b_i representam a variância de cada efeito aleatório e os outros elementos da matriz representam a covariância entre os efeitos aleatórios correspondentes. A especificação geral da matriz é dada por:

$$\sigma_b^2 D = \tilde{D} = \begin{bmatrix} \text{var } b_1 & \text{cov } b_{1i}, b_{2i} & \cdots & \text{cov } b_{1i}, b_{qi} \\ \text{cov } b_{1i}, b_{2i} & \text{var } b_2 & \cdots & \text{cov } b_{2i}, b_{qi} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{cov } b_{1i}, b_{qi} & \text{cov } b_{2i}, b_{qi} & \cdots & \text{var } b_q \end{bmatrix}$$

No modelo misto tem-se interesse na predição dos efeitos aleatórios e na estimação dos efeitos fixos de forma que conduza ao melhor estimador linear e ao melhor preditor linear. No entanto, é necessário que se conheça a matriz de covariância e variância de b_i. No caso em que a matriz de covariância e variância de b_i é desconhecida pode-se estimá-la utilizando o método de máxima verossimilhança ou o método de máxima verossimilhança restrita, e então o estimador de β é dado por:

$$\hat{\beta} = X'V^{-1}X^{-1} X'V^{-1}y \tag{3.4}$$

em que $V = Var(y) = I + Z\tilde{D}Z'$. A matriz de covariância do efeito fixo é dada por:

---

[21] Assume-se que b_i é independente, normalmente distribuído com média zero e matriz de variância e covariância com variâncias iguais para os efeitos aleatórios; e para o vetor de erros aleatórios, ε_i, assume-se que é independente e normalmente distribuído com média zero e matriz de variância e covariância $\sigma_\varepsilon^2 I$.

$$Cov\ \hat{\beta} = X'V^{-1}X^{-1} \tag{3.5}$$

Como na estimação do efeito fixo, o preditor dos efeitos aleatórios também depende da matriz de covariância e variância de b_i, e é dado por:

$$\hat{b} = \tilde{D}Z'V^{-1}\ y - X\hat{\beta} \tag{3.6}$$

Neste estudo, a aplicação do modelo misto para analisar o comportamento do investimento considerou o efeito específico da firma como efeito fixo, e considerou um efeito aleatório sobre os parâmetros das variáveis independentes.[22] A possibilidade de que o efeito específico da firma seja tratado como fixo refere-se ao fato da possibilidade de correlação existente entre o efeito específico da firma com alguma variável independente; e incorporar uma aleatoriedade sobre os parâmetros das variáveis independentes permite corrigir a suposição de homogeneidade imposta aos coeficientes, bem como incorporar certo grau de incerteza.

Embora o modelo misto pareça ser o mais apropriado neste estudo, utilizou-se o teste da razão da verossimilhança para comparar as estimativas do modelo de efeito fixo com o modelo misto. O teste é utilizado para verificar se a variabilidade considerada nos coeficientes da equação do investimento ao utilizar o modelo misto é nula ou não, isto é, sob a hipótese nula a matriz de covariância e variância de b_i é igual a zero, e diferente de zero sob a hipótese alternativa. Em outras palavras, se o teste da razão da verossimilhança rejeitar a hipótese nula, isto significa que existe uma variabilidade entre os coeficientes da equação do investimento, ou seja, o modelo misto é o mais apropriado. Neste estudo, o teste da razão da verossimilhança apresentou o resultado, χ^2 = 7488.71 e $\text{Prob} > \chi^2 = 0.00$, rejeitando-se a hipótese nula. Desta forma, o modelo que considera a presença de uma aleatoriedade adicional nos parâmetros da equação do investimento é mais apropriado para este estudo.

[22] A estimação dos parâmetros do modelo de investimento utilizando o modelo misto foi realizada no programa SAS 9.2.

3.2 Uma medida de incerteza: processo de Wiener

Neste estudo, a incerteza foi incorporada nas variáveis vendas e fluxo de caixa. Especificamente, a incerteza é considerada assumindo que as variáveis vendas e fluxo de caixa seguem um comportamento estocástico, ou seja, assume-se que essas variáveis comportam-se como um movimento browniano com *drift*.

O movimento browniano é definido como um processo estocástico de tempo contínuo com três importantes propriedades: é um processo de Markov; possui incrementos independentes, isto é, mudanças no processo são independentes das mudanças passadas; e as mudanças no processo seguem uma distribuição normal com uma variância que aumenta com o tempo.

Uma variável $z_{(t)}$ segue um movimento browniano quando qualquer variação em $z_{(t)}$, Δz, pode ser escrita satisfazendo a seguinte relação:

$$\Delta z = \varepsilon_t \sqrt{\Delta t} \tag{3.7}$$

em que ε_t é uma variável aleatória com distribuição normal de média zero e variância 1 (um) sem correlação serial, $\varepsilon_t \sim N\ 0,1$, e Δt é o intervalo de tempo. A partir das informações da distribuição de probabilidade de ε_t pode-se notar que Δz tem distribuição normal de média zero e variância Δt, ou seja, $\Delta z \sim N\ 0, \Delta t$.

O movimento browniano pode ser generalizado em outros conceitos mais complexos. A generalização mais simples é o movimento browniano com *drift*. Quando uma variável $x_{(t)}$, segue o movimento browniano com *drift*, então qualquer variação em $x_{(t)}$, Δx, pode ser definida em termos de Δz, como:

$$\Delta x = \alpha \Delta t + \sigma \Delta z \tag{3.8}$$

em que α e σ são valores constantes, α representa a taxa esperada do retorno da variável $x_{(t)}$ e σ representa a incerteza sobre o futuro da variável. Substituindo Δz de (3.8) pela equação dada em (3.7) pode-se observar que Δx possui distribuição normal com média $\alpha \Delta t$ e variância $\sigma^2 \Delta t$.

Assim, para incorporar a incerteza presente nas decisões de investimento, o comportamento das variáveis vendas e fluxo de caixa é definido como um movimento

browniano com *drift*. Porém, nota-se que as propriedades descritas acima podem apresentar algumas limitações, principalmente a última propriedade, para assumir vendas como um movimento browniano. Como observado por Dixit e Pindyck (1994), não é razoável assumir que a variável vendas satisfaça à última propriedade, já que esta não assume o valor negativo, sendo assim coerente assumir que mudanças no logaritmo de vendas têm distribuição normal.[23]

Neste sentido, assume-se que as mudanças no fluxo de caixa (ΔFC) e no logaritmo natural de vendas ($\Delta \ln V$) seguem um movimento browniano com *drift*, ou seja, as variáveis podem ser definidas em termos do incremento do processo de Wiener, Δz, como:

$$\Delta \ln V = \mu \Delta t + \gamma \Delta z \tag{3.9}$$

$$\Delta FC = \alpha \Delta t + \sigma \Delta z \tag{3.10}$$

em que μ, γ, α e σ são valores constantes, sendo as médias e os desvios padrão de $\Delta \ln V$ e de ΔFC, respectivamente. Cabe ressaltar que μ representa a taxa esperada do retorno do logaritmo de vendas, α a taxa esperada do retorno do fluxo de caixa, enquanto que γ e σ representam a incerteza, respectivamente, sobre o logaritmo de vendas e fluxo de caixa.

Substituindo (3.7) em (3.9) e (3.10), pode-se simular a trajetória das variáveis V (vendas) e FC (fluxo de caixa) por:

$$\ln V_{(t)} = \ln V_{(t-1)} + \mu \Delta t + \gamma \varepsilon_t \sqrt{\Delta t}$$

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} \exp(\mu \Delta t + \gamma \varepsilon_t \sqrt{\Delta t}) \tag{3.11}$$

$$FC_{(t)} = FC_{(t-1)} + \alpha \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t} \tag{3.12}$$

Desta forma, a incerteza é incorporada nas variáveis vendas e fluxo de caixa ao utilizar as equações recursivas em (3.11) e (3.12), dadas pelo seguinte algoritmo:

1. No tempo $t = 1$ as variáveis vendas e fluxo de caixa são dadas pelo valor médio de cada firma;
2. Uma variável com distribuição normal com média zero e variância igual a um é gerada;

[23] O logaritmo é o natural, ou seja, na base e.

3. Calcula-se vendas e fluxo de caixa como definido em (3.11) e (3.12), respectivamente;
4. Substitui-se $V_{(t-1)}$ por $V_{(t)}$ e $FC_{(t-1)}$ por $FC_{(t)}$;
5. Retorna-se ao passo 3.

Assim, o presente trabalho considera a incerteza que uma firma enfrenta em suas variáveis vendas e fluxo de caixa através da simulação das equações (3.11) e (3.12). Além disso, a variável fluxo de caixa é analisada em condições de alta e baixa incerteza, considerando três diferentes medidas de incerteza: duas medidas baseadas na incerteza específica da firma, sendo uma medida pelo desvio-padrão de fluxo de caixa (σ) e a outra pelo desvio-padrão de vendas (γ), e uma incerteza referente à incerteza de mercado, medida pela variação anual do índice Ibovespa (representado por ψ).[24]

Desta forma, para separar a variável fluxo de caixa em alta e baixa incerteza definiu-se inicialmente variáveis *dummies* para representar condições de alta e baixa incerteza, cujo ponto de corte é dado pela mediana de cada medida de incerteza. As *dummies* para cada nível de incerteza são definidas como:

$$\sigma_1 = \begin{cases} 0, \text{se } \sigma > \sigma^{\text{MED}} \\ 1, \text{se } \sigma < \sigma^{\text{MED}} \end{cases} \qquad \sigma_2 = \begin{cases} 1, \text{se } \sigma > \sigma^{\text{MED}} \\ 0, \text{se } \sigma < \sigma^{\text{MED}} \end{cases}$$

$$\gamma_1 = \begin{cases} 0, \text{se } \gamma > \gamma^{\text{MED}} \\ 1, \text{se } \gamma < \gamma^{\text{MED}} \end{cases} \qquad \gamma_2 = \begin{cases} 1, \text{se } \gamma > \gamma^{\text{MED}} \\ 0, \text{se } \gamma < \gamma^{\text{MED}} \end{cases}$$

$$\psi_1 = \begin{cases} 0, \text{ se Ibovespa } > \text{Ibovespa}^{\text{MED}} \\ 1, \text{ se Ibovespa} < \text{Ibovespa}^{\text{MED}} \end{cases} \qquad \psi_2 = \begin{cases} 1, \text{ se Ibovespa } > \text{Ibovespa}^{\text{MED}} \\ 0, \text{ se Ibovespa} < \text{Ibovespa}^{\text{MED}} \end{cases} \tag{3.13}$$

em que, σ^{MED} e γ^{MED} são, respectivamente, a mediana do desvio-padrão de fluxo de caixa e o desvio-padrão de vendas, e *Ibovespa*^{MED} é a mediana da variação anual do índice ibovespa para o período de 1986 a 2006. Assim σ_1 e γ_1 assumem o valor 1 quando o desvio-padrão de fluxo de caixa e vendas é menor do que o valor da mediana, representando condições de baixa incerteza, e σ_2 e γ_2 assumem o valor 1 quando o desvio-padrão de fluxo de caixa e vendas é maior do que o valor da mediana, representando condições de alta incerteza. Da mesma forma, ψ_1 assume o valor 1 quando o índice Ibovespa é menor do que a sua mediana,

[24] As medidas referentes à incerteza específica da firma são construídas utilizando-se os desvios-padrão, γ e σ, respectivamente das variáveis vendas e fluxo de caixa, conforme apresentado anteriormente.

representando um baixo nível de incerteza e ψ_2 assume 1 quando o índice Ibovespa é maior do que a sua mediana, representando condições de alta incerteza.

Este capítulo apresentou de forma integrada os métodos de estimação utilizados neste estudo, destacando o modelo misto, o qual ainda não foi utilizado em estudos nacionais para analisar o comportamento das decisões de investimento. Por fim, este estudo apresentou como a incerteza é incorporada nas variáveis vendas e fluxo de caixa, utilizando o movimento browniano. Além disso, foi apresentado três diferentes medidas de incerteza, baseadas na incerteza específica da firma e do mercado, cujo objetivo é analisar a variável fluxo de caixa em condições de alta e baixa incerteza. Pode-se notar também que além da metodologia utilizada para incorporar a incerteza nas decisões de investimento, o modelo misto também incorpora certa incerteza ao considerar uma aleatoriedade “extra” nos parâmetros das variáveis que explicam o investimento da firma. Dentro deste contexto, o próximo capítulo apresentará os resultados obtidos a partir desta metodologia.

4. DECISÕES DE INVESTIMENTO: INCERTEZA E RESTRIÇÃO FINANCEIRA.

O objetivo deste capítulo é investigar a presença da restrição financeira nas decisões de investimento em condições de incerteza de um conjunto de 1223 firmas brasileiras no período de 1986 a 2006. Como apresentado no capítulo anterior, considerou-se os efeitos da incerteza nas decisões de investimento utilizando o desvio-padrão das variáveis vendas, fluxo de caixa e a variação anual do índice Ibovespa como medida para a incerteza. Além disso, ao estimar os parâmetros da equação do investimento utilizando a abordagem do modelo misto certo grau de incerteza é adicionado no modelo ao incorporar um efeito aleatório sobre os coeficientes das variáveis independentes. Já a presença da restrição financeira sobre as decisões de investimento em condições de incerteza é analisada agrupando as firmas segundo características como a intensidade de capital, tamanho da firma e grau tecnológico.

Além desta introdução, este capítulo está organizado da seguinte maneira. A seção 4.1 apresenta a equação do investimento que incorpora a incerteza. A seção 4.2 apresenta os critérios utilizados para classificar a amostra de acordo com o grau de intensidade de capital, tamanho da firma e grau tecnológico. Por fim a seção 4.3 apresenta uma análise descritiva das características financeira das firmas agrupadas por intensidade de capital, tamanho e tecnologia, seguido dos resultados obtidos nas estimações dos parâmetros da equação do investimento.

4.1 Incerteza nas decisões de investimento.

O campo de pesquisa sobre as decisões de investimento da firma tem apontado grande preocupação no que se refere aos efeitos das restrições financeiras e da incerteza sobre o comportamento do investimento da firma. Embora muitos trabalhos na literatura procuram entender a relação entre incerteza e investimento, e outros investigam a restrição financeira nas decisões de investimento, ainda são poucos os estudos que consideram ambas as literaturas para estudar o comportamento das decisões de investimento (STERKEN, LENSINK e BO, 2002; BO, LENSINK e STERKEN, 2003; BOYLE e GUTHRIE, 2003; BAUM, CAGLAYAN e TALAVERA, 2010; DRAKOS, 2011).

Segundo Boyle e Guthrie (2003), é necessário separar o efeito da restrição financeira e da incerteza para melhor identificar o impacto da incerteza sobre o investimento, pois as firmas restritas financeiramente enfrentam a incerteza não apenas com relação ao retorno futuro do projeto, mas também quanto à sua capacidade para financiar investimentos. Bo, Lensink e Sterken (2003) mostraram que em altas condições de incerteza as firmas enfrentam maiores restrições financeiras do que em condições de baixa incerteza. Para os autores, em condições de alta incerteza as firmas apresentam uma maior necessidade de capital externo devido à presença de assimetria de informação e o alto custo dos fundos externos. Sterken, Lensink e Bo (2002), investigando a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa em condições de incerteza, mostraram que a alta incerteza intensifica o uso do fluxo de caixa, ou seja, o investimento das firmas depende mais do fluxo de caixa em condições de alta incerteza. Mais recentemente, Drakos (2011) mostrou que a incerteza afeta negativamente o investimento, principalmente para as firmas classificadas como restritas financeiramente e firmas com maior grau de irreversibilidade de capital.

Neste trabalho, para investigar a presença da restrição financeira nas decisões investimento em condições de incerteza é utilizado uma versão do modelo acelerador, inicialmente proposto por Jorgenson (1957), dado por:

$$\left(\frac{I_{jt}}{K_{jt-1}}\right) = \alpha_j + \beta_1\left(\frac{I_{jt}}{K_{jt-1}}\right)_{t-1} + \beta_2\left(\frac{I_{jt}}{K_{jt-1}}\right)^2_{t-1} + \beta_3\left(\frac{V_{jt}}{K_{jt-1}}\right) + \beta_4\left(\frac{FC_{jt}}{K_{jt-1}}\right) + \beta_5\left(\frac{D_{jt}}{K_{jt-1}}\right) + \varepsilon_{jt} \tag{4.1}$$

em que,

j = 1, 2, ..., 1223 , indexa a firma;

t = 1, 2, ..., 20, representa o ano;

I_{jt}/K_{jt-1} é a taxa do investimento da firma;

V_{jt}/K_{jt-1} é a variável vendas gerada pelo movimento browniano, ou seja, $V_{jt} = V_{jt-1}.\exp\ \mu\Delta t + \gamma\varepsilon_t\sqrt{\Delta t}$;

FC_{jt}/K_{jt-1} é a variável fluxo de caixa gerada pelo movimento browniano, ou seja, $FC_{jt} = FC_{jt-1} + \alpha\Delta t + \sigma\varepsilon_t\sqrt{\Delta t}$;

D_{jt}/K_{jt-1} é a variável dívida;

α_j é o efeito específico de cada firma;

ε_{jt} é o erro.

Como na grande maioria dos estudos sobre o investimento, a variável resposta utilizada é o investimento medido em taxa, enquanto que as outras variáveis são representadas como variações em relação ao estoque de capital. Já a escolha das variáveis independentes foi realizada considerando os estudos que examinam o comportamento do investimento em condições de incerteza. A presença da variável dependente defasada como explicativa busca proporcionar um caráter dinâmico ao modelo, e a sua variável ao quadrado refere-se à forma quadrática do custo de ajustamento do estoque de capital. Como ressaltado no capítulo anterior, a presença da variável dependente defasada como variável regressora introduz o problema da endogeneidade, sendo assim utilizadas como instrumentos para as variáveis endógenas as suas próprias defasadas em um período.[25] A variável vendas considera o nível de vendas ou de produção da firma. A variável fluxo de caixa considera o efeito de possíveis restrições de liquidez sobre o comportamento do investimento, embora possa representar também o potencial de rentabilidade futura. Por fim, a variável dívida busca captar os benefícios tributários da dívida e se uma maior alavancagem elevaria a taxa do investimento.

No entanto, embora a equação em (4.1) permita analisar o comportamento do investimento incorporando a incerteza nas variáveis vendas e fluxo de caixa, esse estudo propõe também examinar o efeito da incerteza sobre a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa. Conforme Baum, Caglayan e Talavera (2010a) observaram, os potenciais credores não somente avaliam o retorno esperado de um empréstimo, mas também tomam suas decisões considerando o ambiente de incerteza sobre as empresas.[26] Segundo os autores, a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa muda quando a incerteza varia, e ignorar interação entre fluxo de caixa e incerteza pode resultar em estimações erradas em relação ao fluxo de caixa.

---

[25] De acordo com Anderson e Hsiao (1982), o conjunto de variáveis instrumentais utilizadas no presente estudo são as próprias variáveis endógenas defasadas em um período. A escolha do instrumento no tempo *t - 2* é mais apropriável neste estudo, pois satisfaz as condições da variável instrumental, além de evitar perda de mais um período de tempo na estimação.

[26]"Prospective lenders evaluate their expected return on a loan to the firm considering the likelihood of the firm's default. When making a lending decision, they take into account not only observable cash flows but also uncertainty related to the firm and its environment. When macroeconomic or firm-specific uncertainty fluctuates, lenders alter their loan premium over the risk-free rate. Higher loan premia will cause the firms' managers to be more cautious in their investment decisions." (BAUM, CAGLAYAN e TALAVERA, 2010a, p. 8)

Neste sentido, para investigar o efeito da incerteza sobre a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa utilizou-se a equação (4.1), porém considerando a variável fluxo de caixa em alta e baixa incerteza para as três diferentes medidas de incerteza, dado por:

$$\left(\frac{I_{jt}}{K_{jt-1}}\right)=\alpha_j+\beta_1\left(\frac{I_{jt}}{K_{jt-1}}\right)_{t-1}+\beta_2\left(\frac{I_{jt}}{K_{jt-1}}\right)^2_{t-1}+\beta_3\left(\frac{V_{jt}}{K_{jt-1}}\right)+\ \beta_4.\sigma_1\times\left(\frac{FC_{jt}}{K_{jt-1}}\right)+\beta_5.\sigma_2\times\left(\frac{FC_{jt}}{K_{jt-1}}\right)+$$
$$+\beta_6.\gamma_1\times\left(\frac{FC_{jt}}{K_{jt-1}}\right)+\ \beta_7.\gamma_2\times\left(\frac{FC_{jt}}{K_{jt-1}}\right)+\beta_8.\psi_1\times\left(\frac{FC_{jt}}{K_{jt-1}}\right)+\ \beta_9.\psi_2\times\left(\frac{FC_{jt}}{K_{jt-1}}\right)+\beta_{10}\left(\frac{D_{jt}}{K_{jt-1}}\right)+\varepsilon_{jt} \tag{4.2}$$

em que $\sigma_i\times(FC_{jt}/K_{jt-1})$, $\gamma_i\times(FC_{jt}/K_{jt-1})$ e $\psi_i\times(FC_{jt}/K_{jt-1})$, i = 1, 2, representam as variáveis de interação entre fluxo de caixa e as medidas de incerteza. A variável $\sigma_1\times(FC_{jt}/K_{jt-1})$ representa a variável fluxo de caixa em condições de baixa incerteza (medida pelo desvio-padrão de fluxo de caixa), enquanto que a variável $\sigma_2\times(FC_{jt}/K_{jt-1})$ representa o fluxo de caixa em condições de alta incerteza. As variáveis $\gamma_1\times(FC_{jt}/K_{jt-1})$ e $\gamma_2\times(FC_{jt}/K_{jt-1})$ representam, respectivamente, a variável fluxo de caixa em condições de baixa e alta incerteza, considerando a incerteza medida pelo desvio-padrão de vendas. Finalmente, a variável $\psi_1\times(FC_{jt}/K_{jt-1})$ representa a variável fluxo de caixa em condições de baixa incerteza, e $\psi_2\times(FC_{jt}/K_{jt-1})$ representa fluxo de caixa em alta incerteza de mercado.

4.2 Agrupamento das firmas

Como apresentado anteriormente, este estudo classifica as firmas de acordo com o grau de intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico para investigar os efeitos da restrição financeira nas decisões de investimento em condições de incerteza. Segundo a literatura, se a diferença das estimativas dos coeficientes do fluxo de caixa entre os grupos for estatisticamente significativa e se a variável fluxo de caixa não estiver sinalizando pontencial de lucratividade futura, pode-se esperar que o fluxo de caixa atue como uma *proxy* para a restrição financeira.

Para classificar as firmas de acordo com o grau de intensidade de capital, utilizou-se a definição de Jorgenson (1968) para calcular a intensidade de capital, que é definida pelo

estoque de capital dividido pela soma do volume de vendas e a variação do estoque, ou seja, $K/V + \Delta E$. Desse modo, o critério utilizado para classificar as firmas de acordo com o grau de intensidade de capital baseia-se na mediana da variável intensidade de capital como porte de corte, ou seja, as firmas são classificadas por baixa intensidade de capital quando a variável intensidade de capital é menor do que o valor da sua mediana, enquanto que para valores maiores do que a sua mediana, as firma são classificadas por alta intensidade de capital.[27] A justificativa para classificar a amostra por intensidade de capital deve-se ao fato de que as firmas mais intensas em capital podem ser mais restritas financeiramente, pois tendem a apresentar menor lucratividade devido aos altos custos fixos, além da presença de uma estrutura de propriedade mais diversificada, elevando os custos de agência (DEVEREUX e SCHIANTARELLI, 1990; HSIAO e TAHMISCIOLGLU, 1997). Como também observado em estudos com firmas brasileiras, Kalatzis, Azzoni e Achcar (2008) e Kalatzis e Azzoni (2009) encontram que as firmas mais intensivas em capital podem estar mais sujeitas à restrição financeira devido aos baixos índices de rentabilidade e presença de custos fixos elevados.

O agrupamento das firmas por tamanho - médio e grande porte - foi definido de acordo com a mediana do ativo total de cada firma.[28] As firmas consideradas de médio porte são as que apresentam o ativo total inferior a sua mediana, enquanto que as firmas com ativo total maior do que a mediana são classificadas como firmas grandes.[29] A classificação por tamanho busca verificar se as firmas de menor porte podem ser mais suscetíveis à restrição financeira do que as firmas de grande porte. Para Czarnitizki e Hottenrott (2009), as firmas de pequeno porte podem estar sujeitas à restrição financeira, pois essas firmas quando comparadas com as firmas grandes apresentam desvantagens porque não podem explorar economia de escala e apresentam menor disponibilidade de oferecer garantias ao investidor. Bhagat, Moyen e Suh (2005) também justificaram que as firmas de menor porte podem enfrentar uma maior restrição devido a dificuldade de garantia ao credor. Na palavra dos

---

[27]O apêndice A apresenta as firmas classificadas em grupos de baixa e alta intensidade de capital conforme a proposta de Hsiao e Tahmiscioglu (1997), que sugeriram utilizar o gráfico de dispersão do parâmetro de liquidez contra os valores médios da intensidade de capital de cada firma como forma de agrupamento por intensidade de capital.

[28] Como a amostra utilizada contém na sua maioria firmas de médio e grande porte não foi considerado firmas de pequeno porte.

[29] Na classificação das firmas por tamanho obteve-se também a classificação segundo o critério adotado pelo banco nacional de desenvolvimento (BNDES). Os resultados desta classificação também estão apresentados no apêndice A.

autores, “firms with fewer tangible assets are more likely to experience greater information asymmetry when communicating their value to outside investors and therefore a greater degree of financial constraint” (BHAGAT, MOYEN e SUH, 2005, p. 453). Por outro lado, Devereux e Schiantarelli (1990) observaram que a classificação das firmas por tamanho pode apresentar certa ambigüidade nos resultados. Isto porque a classificação por tamanho pode estar representando uma *proxy* para a estrutura de propriedade, ou seja, ao analisar as firmas por tamanho é possível encontrar uma maior restrição às firmas de grande porte pois essas apresentam uma estrutura de propriedade mais diversificada, aumentando os custos de agência.

Finalmente, a classificação por grau tecnológico considera a atividade principal da firma como definido por Parisi, Schiantarelli e Sembenelli (2002), em que as firmas com alto grau tecnológico são definidas como aquelas que pertencem aos setores de química e petroquímica, mecânica, tecnologia e computação, eletroeletrônica, telecomunicações, aparelhos médicos e serviços de transporte. Por outro lado, as firmas são definidas como firmas com baixo grau tecnológico. Considerando as firmas agrupadas pelo grau tecnológico, nota-se que as firmas de alta tecnologia são mais prováveis a enfrentar restrição financeira do que as firmas com baixo grau tecnológico. Como Savignac (2006) argumentou, essas firmas podem enfrentar uma maior restrição financeira devido ao seu alto risco, presença de assimetria de informações com os investidores e o alto custo do fundo externo, emergindo o problema de risco moral. Além disso, as firmas de alta tecnologia são caracterizadas por terem mais atividades de pesquisa e desenvolvimento e inovação do que as firmas com baixo grau tecnológico. Os investimentos em P&D aumentam o capital intangível e o capital humano da firma, que não podem ser oferecidos como garantia para proteger o credor no caso de falência. Para Almeida e Campello (2007) o nível de tangibilidade das firmas deve influenciar o nível no qual as firmas enfrentam restrição financeira devido ao uso de ativos tangíveis como garantia.

As tabelas 4.1 e 4.2 apresentam a distribuição das firmas de acordo com a classificação por intensidade de capital, tamanho e tecnologia. Na tabela 4.1, as firmas com baixa intensidade de capital são classificadas em alto e baixo grau tecnológico, e em médio e grande porte.

Tabela 4.1: Distribuição das firmas de baixa intensidade de capital

	Baixa Tecnologia	Alta Tecnologia	Total
Firmas de Médio Porte	1985	605	2590
Firmas de Grande Porte	1164	411	1575
Total	3149	1016	4165

De acordo com a tabela 4.1 nota-se que do total das firmas com baixa intensidade de capital 62% são firmas de médio porte e 38% são de grande porte, enquanto que 75% são firmas de baixo grau tecnológico e 25% são de alto grau tecnológico. Observa-se também que 47% das firmas menos intensivas em capital são firmas com baixo grau tecnológico e de médio porte, enquanto que apenas 9.8% são firmas grandes e com alto grau tecnológico.

Tabela 4.2: Distribuição das firmas de alta intensidade de capital

	Baixa Tecnologia	Alta Tecnologia	Total
Firmas de Médio Porte	1250	325	1575
Firmas de Grande Porte	1936	654	2590
Total	3186	979	4165

Já a tabela 4.2 apresenta as firmas com alta intensidade de capital, em que 30% são firmas de médio porte e 70% são firmas grandes, e 76% são firmas de baixo grau tecnológico e 24% de alto grau tecnológico. As firmas classificadas em alta intensidade de capital são na sua maioria firmas grandes e com baixo grau tecnológico, representando quase 50% da amostra. Do restante, 30% são firmas de médio porte e com baixo grau tecnológico, 15% são firmas grandes com alto grau tecnológico e apenas 8% são firmas de médio porte com alto grau tecnológico.

4.3 Análise dos resultados

Esta seção apresenta os principais resultados das estimativas dos parâmetros da equação do investimento e sua interpretação. Todos os resultados incorporam a incerteza nas variáveis vendas e fluxo de caixa, conforme apresentado anteriormente. Mais especificamente, a incerteza foi incorporada no modelo do investimento considerando as variáveis vendas e fluxo de caixa como um movimento browniano com *drift*. Além disso, esse estudo também analisa a variável fluxo de caixa em condições de alta e baixa incerteza, considerando a incerteza específica da firma e a incerteza de mercado. Cabe ressaltar ainda que para evitar o problema de endogeneidade, utilizou-se as variáveis $(I/K)_{t-2}$ e $(I/K)^2_{t-2}$ como instrumentos para as variáveis $(I/K)_{t-1}$ e $(I/K)^2_{t-1}$.

A tabela 4.3 apresenta os valores médios e os desvios-padrão dos principais indicadores financeiros das firmas classificadas segundo o grau de intensidade de capital, tamanho da firma e grau tecnológico. Considerando as firmas classificadas por intensidade de capital nota-se que as firmas mais intensivas em capital apresentam os menores valores médios das variáveis fluxo de caixa, vendas, dívida e lucro líquido, todas divididas pelo estoque de capital. Com relação as variáveis dívida sobre o patrimônio líquido e dívida sobre o ativo total, as firmas mais intensivas em capital apresentam maior alavancagem. O maior grau de alavancagem dessas firmas pode decorrer do fato das firmas mais intensivas em capital serem na sua maioria firmas de grande porte, ou seja, este resultado pode estar indicando uma maior disponibilidade dessas firmas em oferecer garantias para obter recursos externos. Quando se analisa os indicadores de rentabilidade das firmas com alta intensidade de capital, como o lucro líquido dividido pelo estoque de capital e lucro líquido dividido pelo ativo total, nota-se que o nível de rentabilidade é substancialmente inferior ao das firmas menos intensivas em capital. Enquanto que para as firmas de baixa intensidade de capital os valores médios de *LL/K* e *LL/Ativo* são 0.226 e 0.049, respectivamente, para as firmas mais intensivas em capital esses valores são, 0.027 e 0.006, ou seja, esses indicadores são mais de oito vezes maiores para as firmas menos intensivas em capital. Outra variável que também mostra a baixa rentabilidade das firmas mais intensivas em capital é a variável o lucro líquido em relação ao patrimônio líquido, que é negativa para essas firmas. Além das firmas mais intensivas em capital apresentarem maior grau de alavancagem, menores índices de

rentabilidade e *LL/PL* negativo, essas firmas também apresentam maior saldo de caixa do que as firmas com baixa intensidade de capital.

Tabela 4.3: Características financeiras das firmas brasileiras.

Variáveis	*Intensidade de Capital*				*Tamanho da Firma*				*Tecnologia*			
	Baixa		*Alta*		*Médio*		*Grande*		*Baixo Grau*		*Alto Grau*	
	Média	*D.P*	*Média*	*D.P*	*Média*	*D.P*	*Média*	*D.P*	*Média*	*D.P*	*Média*	*D.P*
I/K_{t-1}	0.046	0.250	0.048	0.950	0.029	0.893	0.065	0.408	0.015	0.273	0.149	1.328
FC/K_{t-1}	0.352	0.530	0.153	0.333	0.243	0.414	0.262	0.490	0.249	0.444	0.263	0.481
V/K_{t-1}	3.763	2.841	0.752	0.530	2.797	2.856	1.717	2.037	2.211	2.475	2.404	2.725
D/K_{t-1}	0.616	0.914	0.428	0.554	0.456	0.675	0.588	0.834	0.533	0.789	0.488	0.666
D/Ativo	0.158	0.158	0.208	0.198	0.167	0.177	0.199	0.184	0.188	0.177	0.169	0.192
D/PL	0.870	4.708	1.058	4.117	0.961	5.008	0.966	3.749	0.932	4.163	1.066	5.169
LL /PL	0.033	0.691	-0.073	0.755	-0.020	0.646	-0.021	0.798	-0.003	0.559	-0.076	1.098
LL /K	0.226	0.525	0.027	0.312	0.119	0.397	0.134	0.485	0.127	0.440	0.125	0.455
LL /Ativo	0.049	0.102	0.006	0.109	0.026	0.110	0.028	0.105	0.028	0.108	0.025	0.108
Saldo caixa	0.114	0.428	0.170	0.479	0.111	0.393	0.172	0.508	0.139	0.472	0.149	0.396
Obs.	4165		4165		4165		4165		6335		1995	

As variáveis I/K_{t-1}, FC/K_{t-1}, V/K_{t-1}, D/K_{t-1}, *LL /K*, são respectivamente, o investimento, o fluxo de caixa, vendas, dívida e lucro líquido, todos divididos pelo estoque de capital; *LL/PL* é o lucro líquido dividido pelo patrimônio líquido; *D/Ativo* é a razão da dívida pelo ativo circulante; e *D/PL* é a razão da dívida pelo patrimônio líquido.

Para as firmas classificadas em grande e médio porte, conforme a mediana do ativo total, não se nota diferença significativa entre os indicadores, exceto para o investimento. As firmas de grande porte estão investindo mais do que o dobro do que as firmas de médio porte. Outra diferença entre as firmas classificadas por tamanho é o grau de endividamento, o qual é maior para as firmas de grande porte. A maior alavancagem das firmas grandes pode ocorrer do fato dessas firmas apresentarem uma maior capacidade de oferecer garantia para o financiamento externo. Já para os indicadores de rentabilidade, resultados semelhantes são encontrados para as firmas de médio e de grande porte, sendo que para ambos os grupos de firmas o lucro líquido por patrimônio líquido é negativo.

Quando as firmas são agrupadas segundo o grau tecnológico, nota-se que a principal diferença refere-se ao investimento, o qual é quase dez vezes maior para as firmas com alto grau tecnológico. Quando analisado o nível de endividamento das firmas classificadas por grau tecnológico, nota-se que as firmas com alto grau tecnológico apresentam maior dívida em relação ao patrimônio líquido, indicando maior dependência de capital de terceiros. Já

para os indicadores de rentabilidade, nota-se que as firmas com maior grau tecnológico apresentam uma menor rentabilidade. A variável lucro líquido por patrimônio líquido é negativa tanto para as firmas com baixo e alto grau tecnológico. Apesar do valor negativo de *LL/PL* para ambos os grupos, as firmas com alto grau tecnológico apresentam valor médio substancialmente menor do que as firmas com baixo grau tecnológico, ou seja, a rentabilidade das firmas com alto grau tecnológico é mais de vinte e cinco vezes menor ao das firmas com baixo grau tecnológico. Outra variável que pode estar indicando maior fragilidade financeira para as firmas com alto grau tecnológico é o saldo de caixa, que embora com pouca diferença entre os grupos é maior para as firmas de alta tecnologia. Conforme observado por Baum, Caglayan e Talavera (2010b), o maior saldo de caixa das firmas de alta tecnologia não indicaria boas condições de caixa, e sim uma expectativa de atender possíveis oportunidades de investimento em P&D (pesquisa e desenvolvimento) devido à maior dificuldade dessas firmas em obter recursos externos.

A tabela 4.4 apresenta a estimação dos parâmetros da equação do investimento em (4.1) agrupados por intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico.[30] Para as firmas classificadas por intensidade de capital os resultados obtidos mostram que o parâmetro referente a variável vendas é positiva e estatisticamente significativa para explicar o investimento, o que confirma a relevância do modelo acelerador para as empresas brasileiras. O coeficiente da variável fluxo de caixa é estatisticamente significativo tanto para as firmas classificadas em alta e baixa intensidade de capital. No entanto, o coeficiente da variável fluxo de caixa para as firmas com alta intensidade de capital é quase seis vezes maior do que o coeficiente das firmas com baixa intensidade de capital. Isto indica que existe uma maior sensibilidade do investimento em relação ao fluxo de caixa para as firmas mais intensivas em capital. Se a variável fluxo de caixa não estiver indicando potencial de lucratividade futura, este resultado pode estar apontando para possível presença de restrição financeira nas firmas com alta intensidade de capital. Segundo Hsiao e Tahmisciolglu (1997), e Kalatzis, Azzoni e Achar (2008) e Kalatzis e Azzoni (2009) pode-se esperar que as firmas mais intensivas em capital apresentem maiores valores para o coeficiente do fluxo de caixa do que as firmas menos intensivas devido à presença de elevados custos fixos e maior necessidade de capital. Já a variável dívida apresenta-se estatisticamente significativa para as firmas com baixa e alta

[30] Obteve-se no apêndice B as estimativas dos parâmetros da equação do investimento utilizando os métodos de estimação do modelo de efeito fixo e variável instrumental.

intensidade de capital, sendo que as firmas com maior intensidade de capital apresentam maior estimativa do coeficiente da variável dívida.

Tabela 4.4: Estimação dos parâmetros do modelo (4.1) utilizando modelo misto para as firmas agrupadas por intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico.

Variáveis	*Intensidade de Capital*		*Tamanho da Firma*		*Grau tecnológico*	
	Baixa	*Alta*	*Médio*	*Grande*	*Baixa*	*Alta*
$(I/K_{t-1})_{t-1}$	0.077^{***} (0.010)	0.043 (0.027)	0.053^{**} (0.024)	0.065^{***} (0.014)	0.047^{***} (0.007)	0.131^{***} (0.046)
$(I/K_{t-1})^2_{t-1}$	-0.008 (0.007)	0.002 (0.012)	-0.003 (0.015)	0.0006 (0.006)	-0.004^{*} (0.002)	-0.046 (0.040)
$(V/K_{t-1})_t$	0.005^{**} (0.002)	0.097^{***} (0.012)	0.020^{***} (0.007)	0.022^{***} (0.004)	0.011^{***} (0.001)	0.028 (0.022)
$(FC/K_{t-1})_t$	0.014^{***} (0.004)	0.082^{***} (0.018)	0.058^{***} (0.012)	0.009 (0.007)	0.012^{***} (0.003)	0.113^{***} (0.034)
$(D/K_{t-1})_t$	0.043^{***} (0.006)	0.182^{***} (0.025)	0.103^{***} (0.017)	0.092^{***} (0.010)	0.063^{***} (0.005)	0.231^{***} (0.043)
σ^2	0.184	0.592	0.367	0.339	0.254	0.424
Obs.	3624	3624	3667	3581	5637	1611

[a] Os símbolos *, ** e *** significam os níveis de significância 10%, 5% e 1%, respectivamente. Os valores entre parênteses são os erros padrão.

Analisando as estimações dos parâmetros do modelo do investimento entre as firmas classificadas por tamanho, nota-se que o coeficiente da variável vendas é estatisticamente significativo tanto para as firmas de médio e grande porte. Verifica-se também pela tabela 4.4. que o coeficiente da variável fluxo de caixa é significativo apenas para as firmas classificadas como médio porte, indicando maior dependência dessas firmas em relação aos recursos internos para a realização de investimento. O fato do parâmetro do fluxo de caixa ser significativo para as firmas de médio porte não significa que essas firmas sejam restritas financeiramente, já que o fluxo de caixa pode estar sujeito a critica de estar representando a lucratividade futura da firma. No entanto, ao considerar que as firmas de médio porte apresentam valor médio negativo para a variável lucro líquido por patrimônio líquido e ao observar que o parâmetro da variável fluxo de caixa é significativo somente para essas firmas, esse resultado permite indicar possível presença de restrição financeira para as mesmas. Para a variável dívida, o coeficiente é estatisticamente significativo tanto para as firmas de médio porte como para as firmas grandes porte.

Para as firmas classificadas por grau tecnológico, nota-se que a estimativa do parâmetro da variável vendas é estatisticamente significativa somente para as firmas com baixo grau tecnológico. O parâmetro da variável fluxo de caixa para ambos os grupos é estatisticamente significativo, sendo que as firmas com alto grau tecnológico apresentam uma estimativa substancialmente maior do que as firmas com baixo grau tecnológico. Isto indica que estas firmas apresentam uma maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa quando comparadas com as firmas de menor grau tecnológico. A variável dívida em relação ao estoque de capital, como nas outras formas de classificar as firmas brasileiras, também é estatisticamente significativa para explicar o investimento. Além disso, o coeficiente da variável dívida é quase quatro vezes maior para as firmas com maior grau tecnológico, indicando maior dependência dessas firmas na captação de recursos externos para financiar seus investimentos.

Embora observado, para as firmas classificadas por intensidade de capital e grau tecnológico, que o comportamento do coeficiente da variável fluxo de caixa difere entre os grupos, não se pode afirmar *a priori* que essa diferença é estatisticamente significativa entre os grupos. Desta forma, utilizou-se uma variável *dummy* de inclinação para fluxo de caixa em cada um dos grupos.

Tabela 4.5: Estimação do modelo (4.1) com *dummies* de inclinação.

Variáveis	*Modelo misto*
$(I/K_{t-1})_{t-1}$	0.030^{**} (0.012)
$(I/K_{t-1})^2_{t-1}$	0.050^{***} (0.011)
$(V/K_{t-1})_t$	0.021^{***} (0.007)
$(FC/K_{t-1})_t$	0.041^{***} (0.010)
$(D/K_{t-1})_t$	0.149^{***} (0.012)
Interação- $(FC/K_{t-1})_t$ dummy - Intensidade Capital	0.034^{**} (0.017)
Interação - $(FC/K_{t-1})_t$ dummy - Grau Tecnológico	0.098^{***} (0.030)
σ^2	0.271
Obs.	7248

[a] Os símbolos *, ** e *** significam os níveis de significância 10%, 5% e 1%, respectivamente. Os valores entre parênteses são os erros padrão.

A tabela 4.5 apresenta os resultados para cada classificação, mostrando que as variáveis de interação entre fluxo de caixa e os grupos de firmas são estatisticamente significativas. Isto significa que a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa é estatisticamente distinta entre os grupos de firmas classificados de acordo com o grau de intensidade de capital e grau tecnológico.

Considerando os indicadores financeiros das firmas e os resultados apresentados das estimações do modelo do investimento em (4.1) para as firmas agrupadas por intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico, nota-se que o fluxo de caixa das firmas classificadas por alta intensidade de capital, médio porte e alto grau tecnológico pode estar indicando possível presença de restrição financeira. Como discutido anteriormente, há críticas da análise da sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa como condição para identificar restrição financeira já que a variável fluxo de caixa pode estar representando lucratividade da firma. Além disso, como apresentado na literatura a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa pode variar quando as condições de incerteza mudam.

Com o objetivo de analisar o fluxo de caixa em condições de incerteza a tabela 4.6 apresenta as estimativas dos parâmetros da equação do investimento em (4.2) para a amostra toda e para as firmas agrupadas por intensidade de capital, tamanho e tecnologia.

Considerando o efeito da incerteza específica da firma, seja a incerteza medida pelo desvio-padrão de fluxo de caixa ou de vendas, nota-se que, para a amostra toda, o coeficiente da variável fluxo de caixa é significativo em condições de alta e baixa incerteza, sendo que em condições de alta incerteza o parâmetro do fluxo de caixa é maior. Resultado semelhante foi encontrado por Sterken, Lensink e Bo (2002), os quais mostraram que em condições de alta incerteza o investimento da firma é mais sensível ao fluxo de caixa.[31]

Quando as firmas são classificadas de acordo com a intensidade de capital, o coeficiente do fluxo de caixa em condições de baixa incerteza específica da firma, seja a incerteza medida pelo desvio-padrão de fluxo de caixa ou de vendas, mostrou-se significativo somente para as firmas menos intensivas em capital. Para as firmas agrupadas por tamanho e

[31] Para Sterken, Lensink e Bo (2002), as firmas tendem a depender mais do fluxo de caixa em condições de alta incerteza devido à restrição financeira. Na palavra dos autores, “In line with FHP it is possible to point at financial distress. Firms that face a large demand uncertainty could be confronted with a large external financing premium, such that they are constrained in obtaining external funds and are forced to rely on internal wealth”. (STERKEN, LENSINK e BO, p.16, 2002).

por grau tecnológico, e considerando a incerteza medida pelo desvio-padrão de fluxo de caixa, nota-se que em condições de baixa incerteza o fluxo de caixa é estatisticamente significativo apenas para as firmas classificadas como firmas de médio porte e firmas com baixo grau tecnológico. Ao considerar que em condições de baixa incerteza o fluxo de caixa é significativo somente para as firmas menos intensivas, médio porte e baixa tecnologia, e também ao observar que as essas firmas apresentam elevados níveis de rentabilidade, nota-se que em condições de baixa incerteza o fluxo de caixa pode estar indicando uma *proxy* para a lucratividade futura das mesmas, e não apontando para a presença de restrição financeira. Já em condições de alta incerteza, o fluxo de caixa mostrou-se estatisticamente significativo para todos os grupos de firmas, exceto para as firmas de grande porte. Para as firmas agrupadas por intensidade de capital, em condição de alta incerteza a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa é maior para as firmas com alta intensidade de capital. Quando as firmas são agrupadas de acordo com o grau tecnológico, em condições de alta incerteza a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa é maior para as firmas de alta tecnologia. Como ressaltado na literatura, a realização de projetos inovadores representa uma atividade incerta, que contém ativos intangíveis e não podem ser utilizados como garantia para obter recursos externos. A incerteza dos projetos inovadores associados a uma maior assimetria de informação agrava o grau de restrição financeira da firma, principalmente em condições de alta incerteza.

Resultados similares são obtidos quando analisado o fluxo de caixa em condições de baixa e alta incerteza com a incerteza medida pelo desvio-padrão de vendas. Em resumo, os resultados obtidos mostram que em condições de alta incerteza o fluxo de caixa pode estar indicando restrição financeira para as firmas mais intensivas em capital, médio porte e alto grau tecnológico. Isto porque essas firmas apresentam baixo nível de rentabilidade, e em condições de alta incerteza o fluxo de caixa é significativo somente para as firmas de médio porte, e as firmas mais intensivas em capital e com alto grau tecnológico apresentam maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa.

Tabela 4.6: Estimação dos parâmetros do modelo (4.2) utilizando modelo misto para as firmas agrupadas por intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico.

Variáveis	*Amostra Toda*	*Intensidade de Capital*		*Tamanho da Firma*		*Grau tecnológico*	
		Baixa	*Alta*	*Médio*	*Grande*	*Baixa*	*Alta*
Fluxo de Caixa							
$(I_{jt}/K_{t-1})_{t-1}$	0.039*** (0.014)	0.066*** (0.010)	-0.006* (0.021)	-0.0002 (0.021)	0.068*** (0.014)	0.047*** (0.007)	0.111** (0.050)
$(I_{jt}/K_{t-1})^2_{t-1}$	0.011 (0.009)	0.004 (0.009)	0.056*** (0.017)	0.027 (0.019)	-0.002 (0.006)	-0.003** (0.001)	-0.028 (0.051)
(V_{jt}/K_{t-1})	0.015*** (0.005)	0.004 (0.003)	0.089*** (0.014)	0.019** (0.009)	0.021*** (0.004)	0.011*** (0.001)	0.036 (0.032)
$\sigma_1 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.031** (0.012)	0.019** (0.008)	0.023 (0.031)	0.038* (0.022)	0.004 (0.011)	0.012** (0.005)	0.045 (0.067)
$\sigma_2 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.048*** (0.010)	0.016** (0.006)	0.066*** (0.025)	0.074*** (0.018)	0.012 (0.009)	0.012*** (0.004)	0.137** (0.059)
(D_{jt}/K_{t-1})	0.102*** (0.010)	0.047*** (0.007)	0.283*** (0.025)	0.148*** (0.022)	0.089*** (0.010)	0.063*** (0.005)	0.265*** (0.053)
σ^2	0.184	0.168	0.325	0.267	0.342	0.254	0.374
Vendas							
$(I_{jt}/K_{t-1})_{t-1}$	0.025* (0.013)	0.077*** (0.010)	0.0007 (0.022)	0.0004 (0.021)	0.066*** (0.014)	0.047*** (0.007)	0.108** (0.050)
$(I_{jt}/K_{t-1})^2_{t-1}$	0.039*** (0.011)	-0.008 (0.006)	0.048*** (0.016)	0.028 (0.019)	-0.0005 (0.006)	-0.003** (0.001)	-0.027 (0.051)
(V_{jt}/K_{t-1})	0.021*** (0.006)	0.005** (0.002)	0.086*** (0.014)	0.019** (0.009)	0.022*** (0.004)	0.011*** (0.001)	0.038 (0.031)
$\gamma_1 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.027* (0.015)	0.013** (0.005)	0.022 (0.032)	0.031 (0.021)	0.011 (0.012)	0.007 (0.005)	0.045 (0.063)
$\gamma_2 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.054*** (0.013)	0.014*** (0.005)	0.074*** (0.024)	0.083*** (0.019)	0.011 (0.009)	0.017*** (0.004)	0.138** (0.062)
(D_{jt}/K_{t-1})	0.159*** (0.013)	0.042*** (0.006)	0.264*** (0.024)	0.144*** (0.022)	0.090*** (0.010)	0.063*** (0.005)	0.266*** (0.053)
σ^2	0.124	0.184	0.344	0.267	0.340	0.254	0.373
Ibovespa							
$(I_{jt}/K_{t-1})_{t-1}$	0.046*** (0.014)	0.080*** (0.010)	0.006 (0.021)	0.008 (0.020)	0.066*** (0.014)	0.047*** (0.007)	0.127*** (0.047)
$(I_{jt}/K_{t-1})^2_{t-1}$	0.012 (0.008)	-0.009 (0.006)	0.052*** (0.016)	0.036** (0.018)	0.0001 (0.006)	-0.003** (0.001)	-0.001 (0.047)
(V_{jt}/K_{t-1})	0.019*** (0.004)	0.005*** (0.002)	0.091*** (0.013)	0.023*** (0.008)	0.023*** (0.004)	0.011*** (0.001)	0.050* (0.029)
$\psi_1 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.016** (0.008)	0.016*** (0.004)	0.001 (0.021)	0.013 (0.014)	0.017** (0.008)	0.011*** (0.003)	0.005 (0.042)
$\psi_2 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.061*** (0.011)	0.005 (0.006)	0.088*** (0.024)	0.092*** (0.017)	-0.007 (0.012)	0.015*** (0.005)	0.099** (0.050)
(D_{jt}/K_{t-1})	0.110*** (0.011)	0.041*** (0.006)	0.279*** (0.024)	0.144*** (0.021)	0.091*** (0.010)	0.064*** (0.005)	0.236*** (0.049)
σ^2	0.180	0.182	0.321	0.240	0.335	0.253	0.341
Obs.	7248	3624	3624	3667	3581	5637	1611

[a] Os símbolos *, ** e *** significam os níveis de significância 10%, 5% e 1%, respectivamente. Os valores entre parênteses são os erros padrão.

Analisando o efeito da incerteza no mercado, medida pela variação anual do índice do Ibovespa, nota-se que, para a amostra toda, o coeficiente da variável fluxo de caixa é estatisticamente significativo em condições de baixa e de alta incerteza. Enquanto que o valor da estimativa do parâmetro da variável que representa fluxo de caixa em condições de alta incerteza é 0.061, em condições de baixa incerteza o coeficiente da variável fluxo de caixa é 0.016, ou seja, ao considerar a amostra toda, nota-se que a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa é maior em condições de alta incerteza.

Quando as firmas são classificadas por intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico, os resultados se diferem para a variável fluxo de caixa analisada em condições de alta e baixa incerteza. De acordo com a tabela 4.6, quando se considera a incerteza medida pelo mercado nota-se que em condições de baixa incerteza o parâmetro do fluxo de caixa é significativo somente para as firmas menos intensivas em capital, para as firmas de grande porte e para as firmas com baixo grau tecnológico. Pode-se observar que em condições de baixa incerteza o parâmetro do fluxo de caixa não estaria indicando restrição financeira dado que essas firmas apresentam maiores níveis de rentabilidade. Por outro lado, para um ambiente de alta incerteza o parâmetro do fluxo mostrou-se significativo para as firmas de alta intensidade de capital, de médio porte e para as firmas com alto e baixo grau tecnológico. Quando as firmas são agrupadas pelo grau tecnológico, a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa é maior em condições de alta incerteza. Este resultado e a significância do fluxo de caixa apenas para as firmas mais intensivas em capital e de médio porte permitem observar que ao considerar um ambiente de alta incerteza o parâmetro do fluxo de caixa pode estar indicando restrição financeira para essas firmas, uma vez que as mesmas também apresentam baixo nível de rentabilidade.

Os resultados obtidos acima para os três grupos mostram que é fundamental considerar o papel da incerteza na identificação da presença de restrição financeira da firma. A classificação em alta e baixa incerteza permitiu identificar quando o fluxo estaria atuando como medida de restrição financeira e quando estaria representando potencial de lucratividade futura ou oportunidades futuras de investimento. Como apontado por Baum, Caglayan e Talavera (2010a) a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa muda quando a incerteza

varia, e ignorar interação entre fluxo de caixa e incerteza pode resultar em estimações erradas em relação ao fluxo de caixa.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho procurou investigar a presença da restrição financeira nas decisões de investimento em condições de incerteza de um conjunto de 1223 firmas brasileiras durante o período 1986-2006. O campo de pesquisa sobre as decisões de investimento da firma tem mostrado grande interesse no que se refere aos efeitos da incerteza sobre os investimentos. Uma explicação é que a incerteza, seja a incerteza sobre as condições de instabilidade do mercado ou sobre condições específicas da firma, pode exercer forte impacto sobre qualquer variável de decisão do investimento. Além disso, em um ambiente de incerteza, as empresas podem apresentar restrições de liquidez, aumentano a necessidade de capital externo e elevar o prêmio pelo risco exigido pelo credor.

É a partir de estudos de Pindyck (1982, 1991), Abel (1983) e Caballero (1991), que houve um crescimento da literatura a respeito da discussão dos efeitos da incerteza sobre as decisões de investimento. A grande dificuldade dos trabalhos empíricos ao estudar o comportamento do investimento em condições de incerteza é encontrar uma variável que possa considerar os efeitos da incerteza, que é uma medida não observável. De uma forma geral, a incerteza tem sido determinada tanto por uma incerteza específica da firma (baseada nos preços dos bens de capital, nos retornos esperados, nas taxas de desconto e demandas) como por uma incerteza referente ao mercado (baseada em informações como a inflação, taxa de câmbio e variação no retorno de ações).

No entanto, embora diversos autores tenham fundamentado seus estudos em medidas de incerteza, não há uma conclusão geral sobre a forma como a incerteza pode afetar o comportamento do investimento. A maioria dos estudos encontraram que a incerteza exerce uma influência negativa sobre o investimento (Driver e Moreton, 1991; Leahy e Whited, 1996; Ghosal e Loungani, 2000; Guiso e Parigi, 1999; Baum, Talavera e Caglayan, 2008). Como Guiso e Parigi (1999) relataram, o efeito da incerteza sobre o investimento pode ser ambíguo, e depende de suposições sobre a tecnologia de produção, a concorrência no mercado, a forma de custos de ajustamento e atitudes de gestão em relação ao risco.

A análise do comportamento das decisões de investimento em condições de incerteza também tem atraído renovado interesse na abordagem das opções reais e da irreversibilidade

de capital, os quais fornecem suporte teórico para melhor entender a relação entre incerteza e investimento (ver: Dixit e Pindyck, 1994; Abel e Eberly, 1994; Bulan, 2005; Driver, Temple e Urga, 2006). A existência de uma opção gera um custo de oportunidade de capital que é altamente sensível a incerteza, ou seja, quanto maior a incerteza sobre o futuro, maior será o custo de oportunidade de capital fazendo com que as empresas adiam suas decisões de investimento, principalmente para os investimentos com maior irreversibilidade de capital.

Outra forma, porém pouco explorada na literatura, é considerar a presença da restrição financeira para analisar o comportamento do investimento em condições de incerteza. Isto porque, as empresas não enfrentam incerteza apenas com relação ao retorno futuro do projeto, mas também quanto à sua capacidade para financiar seus investimentos, seja utilizando recursos internos ou externos. Para Baum, Caglayan e Talavera (2010a), os potencias credores avaliam o retorno esperado de um empréstimo não apenas considerando o fluxo de caixa das empresas mas tamém o ambiente de incerteza sobre as mesmas. Em condições de alta incerteza, seja a incerteza específica da firma ou a incerteza no mercado, os credores alteram o prêmio pelo risco, o que faria com que os gestores das empresas fossem mais cautelosos em suas decisões de investimento.

Considerando os aspectos acima, o presente trabalho investigou os efeitos da restrição financeira e da incerteza sobre as decisões de investimento. A incerteza foi incorporada no modelo do investimento considerando as variáveis vendas e fluxo de caixa como um movimento browniano com *drift*, que é definido como um processo estocástico de tempo contínuo. Além disso, a variável fluxo de caixa foi analisada em condições de alta e baixa incerteza, de acordo com a incerteza medida pela variação anual do índice Ibovespa, desvio-padrão de vendas e desvio-padrão do fluxo de caixa. Já para investigar a presença da restrição financeira, a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa foi analisada agrupando as firmas de acordo com o grau de intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico.

Os parâmetros da equação do investimento foram estimados utilizando o modelo misto. O modelo misto, diferente de outros métodos de estimação, permite considerar a heterogeneidade nos coeficientes das variáveis independentes, evitando o viés introduzido pela suposição de homogeneidade, principalmente sobre o coeficiente da variável dependente defasada. Adicionalmente, o modelo misto também colabora com a análise das decisões de

investimento em condições de incerteza, já que este permite incorporar maior variabilidade sobre os parâmetros da equação do investimento.

Os resultados das estimações e dos indicadores financeiros apresentados neste trabalho indicam que as firmas mais intensivas em capital podem ser consideradas restritas financeiramente. Isto se deve ao fato dessas empresas apresentarem baixo nível de rentabilidade, alto saldo de caixa e maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa, sendo que o comportamento do fluxo de caixa é estatisticamente distinto entre as firmas classificadas por intensidade de capital. Este resultado atende às expectativas, já que firmas com alta intensidade de capital tendem a apresentar baixa rentabilidade devido à presença de elevados custos fixos, além da presença de uma estrutura de propriedade mais diversificada, elevando os custos de agência, conforme evidências apontadas nos estudos de Devereux e Schiantarelli (1990), e Hsiao e Tahmisciolglu (1997).

Para as firmas classificadas por tamanho, notou-se que as firmas de médio porte apresentam rentabilidade negativa (lucro líquido dividido pelo patrimônio líquido) e maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa. Devereux e Schiantarelli (1990)observaram que a análise das decisões de investimento considerando as firmas classificadas por tamanho pode apresentar certa ambigüidade nos resultados. Apesar das firmas de médio apresentarem menor disponibilidade de oferecer garantias ao investidor, para os autores a classificação por tamanho pode representar uma *proxy* para a estrutura de propriedade, ou seja, essa classificação pode estar refletindo a possibilidade de que as firmas de grande porte apresentam uma estrutura de propriedade mais diversificada, a qual tende a aumentar os custos de agência.

As firmas classificadas por alto grau tecnológico também apresentaram evidências de possível presença de restrição financeira nas decisões de investimento. Esse resultado deve-se ao fato de que firmas com maior grau tecnológico apresentam uma rentabilidade inferior às firmas de menor grau tecnológico, uma maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa, com comportamento do coeficiente do fluxo de caixa estatisticamente distinto entre os grupos. Como argumentado por Savignac (2006), os investimentos de firmas que investem em inovação sofrem maiores restrições financeiras devido ao seu alto risco, presença de assimetria de informações com os investidores e o alto custo do fundo externo, emergindo o

problema de risco moral. Além disso, os resultados obtidos também apresentaram resultados interessantes para a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa em condições de incerteza.

Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com a literatura ao encontrar que as firmas classificadas por alta intensidade de capital, médio porte e alto grau tecnológico podem estar indicando grupos de firmas restritas financeiramente. Além disso, analisou-se o fluxo de caixa em condições de baixa e alta incerteza. Em resumo, em condições de baixa incerteza, seja a incerteza específica da firma ou do mercado, os resultados obtidos apontam que o fluxo de caixa não pode ser interpretado como restrição financeira, pois como discutido anteriormente pode estar indicando potencial de lucratividade futura. Por outro lado, em condições de alta incerteza as firmas com alta intensidade de capital, as firmas de médio porte e as firmas com alto grau tecnológico mostraram uma maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa. Isto indica que essas firmas podem estar mais sujeitas à restrição financeiramente em condições de alta incerteza.

Esta pesquisa traz importantes contribuições para a literatura, já que existe uma escassez de estudos brasileiros que analisam a presença da restrição financeira nas decisões de investimentos em condições de incerteza. Os resultados obtidos permitem indicar que as firmas com alto grau de intensidade de capital, médio porte e alto grau tecnológico estão sujeitas a restrição financeira, principalmente em condições de elevada incerteza.

REFERÊNCIAS

ABEL, A. B. Optimal Investment under Uncertainty. *American Economic Review*, v. 73, n. 1, p. 228-33, 1983.

ABEL, A. B.; EBERLY, J. C. A Unified Model of Investment under Uncertainty. *American Economic Review*, v. 84, n. 5, p. 1369-84, 1994.

_____. The effects of irreversibility and uncertainty on capital accumulation. *Journal of Monetary Economics* , v. 44, n. 3, p. 339-377, 1999.

AGHION, P.; ANGELETOS, G., M.; BANERJEE, A.; MANOVA, K. Volatility and growth: Credit constraints and the composition of investment. *Journal of Monetary Economics* , v. 57, n. 3, p. 246-265, 2010.

ALLAYANNIS, G.; MOZUMDAR, A. The impact of negative cash flow and influential observations on investment-cash flow sensitivity estimates. *Journal of Banking & Finance* , v. 28, n. 5, p. 901-930, 2004.

ALMEIDA, H.; CAMPELLO, M. Financial constraints and investment-cash flow sensitivities: New research directions, *Working paper*, Publisher: New York University, 2002.

_____. Financial constraints, asset tangibility, and corporate investment. *Review of Financial Studies* , v. 20, n. 5, p. 1429-1460, 2007.

ALMEIDA, H.; CAMPELLO, M.; WEISBACH, M. S. The cash flow sensitivity of cash. *Journal of Finance* , v. 59, n. 4, p. 1777-1804, 2004.

ANDERSON, T. W.; HSIAO, C. Formulation and estimation of dynamic models using panel data. *Journal of Econometrics* , v. 18, n. 1, p. 47-82, 1982.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*, v. 58, n. 2, p. 277-297, 1991.

BALTAGI, B. Econometric Analysis of Panel Data, Wiley, Chichester, 1995.

BAUM, C. F. An Introduction to Modern Econometrics Using Stata. Stata Press, 2006.

BAUM, C. F.; CAGLAYAN, M.; TALAVERA, O. Uncertainty determinants of firm investment. *Economics Letters*, v. 98, n. 3, p. 282-287, 2008.

_____. On the sensitivity of firms' investment to cash flow and uncertainty. *Oxford Economic Papers-New Series*, v. 62, n. 2, p. 286-306, 2010a.

_____. *The Effects of Capital Investment and R&D Expenditures on Firms' Liquidity*. International Conference on Panel Data, 2010b.

BAUM, C. F.; SCHAFFER, M. E.; STILLMAN, S. Instrumental variables and GMM: Estimation and testing. *Stata Journal*, v. 3, n. 1, p. 1-31, 2003.

BHAGAT, S.; MOYEN, N.; SUH, I. Investment and internal funds of distressed firms. *Journal of Corporate Finance*, v. 11, n. 3, p. 449-472, 2005.

BLOOM, N.; BOND, S.; REENEN, J. V. Uncertainty and investment dynamics. *Review of Economic Studies*, 74, 391–415, 2007.

BO, H.; LENSINK, R.; STERKEN, E. Uncertainty and Financing Constraints. *European Finance Review*, v. 7, n. 2, p. 297-321, 2003.

BOND, S.; HARHOFF, D.; REENEN, J. V. Investment, R&D and financial constraint in Britain and Germany. *IFS Working Paper W99/05*, 1999.

BONO, R.; ARNAU, J.; LASA, N. B. Using linear mixed models in longitudinal studies: Application of SAS. *Revista Electrónica de Metodología Aplicada*, v.12, p. 15-31, 2007.

BOYLE, G. W.; GUTHRIE, G. A. Investment, uncertainty, and liquidity. *Journal of Finance*, v. 58, n. 5, p. 2143-2166, 2003.

BROWN, J. R.; PETERSEN, B. C. Why has the investment-cash flow sensitivity declined so sharply? Rising R&D and equity market developments. *Journal of Banking & Finance*, v. 33, n. 5, p. 971-984, 2009.

BULAN, L. T. Real options, irreversible investment and firm uncertainty: New evidence from U.S. firms. *Review of Financial Economics*, v. 14, n. 3-4, p. 255-279, 2005.

CABALLERO, R. J. On the sign of the investment-uncertainty relationship. *American Economic Review*, v. 81, n. 1, p. 279-88, 1991.

CARRUTH, A.; DICKERSON, A.; HENLEY, A. What do we know about investment under uncertainty? *Journal of Economic Surveys*, v. 14, n. 2, p. 119-153, 2000.

CHAKRABARTI, A. Internal adjustment costs in capital-intensive and labor-intensive industries. *Economics Letters*, v. 102, n. 2, p. 76-77, 2009.

CLEARY, S. The Relationship Between Firm Investment and Financial Status. *The Journal of Finance*, v. 54, n. 2, 673-692, 1999.

CLEARY, S.; POVEL, P.; RAITH, M. The U-shaped investment curve: Theory and evidence. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 42, n. 1, p. 1-39, 2007.

CZARNITZKI, D.; HOTTENROTT, H. R&D investment and financing constraints of small and medium-sized firms. *Small Business Economics*, v. 36, p. 65-83, 2009.

DEMIDENKO, E. Mixed Models: Theory and Applications, 2004.

DENIS, D. J.; SIBILKOV, V. Financial Constraints, Investment, and the Value of Cash Holdings. *Review of Financial Studies*, v. 23, n. 1, p. 247-269, 2010.

DEVEREUX, M. P.; SCHIANTARELLI, F. Investment, Financial Factors, and Cash Flow: Evidence from U.K. Panel Data: National Bureau of Economic Research, Inc, 1990. p. 279-306.

DIXIT, A. Irreversible investment with uncertainty and scale economies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 19, n. 1-2, p. 327-350, 1995.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. *Investment Under Uncertainty*, 1994.

DOMOWITZ, I.; HUBBARD, G.; PETERSEN, B. Oligopoly supergames - some empirical-evidence on prices and margins. *Journal of Industrial Economics*, v. 35, n. 4, p. 379-398, 1987.

DRAKOS, K. Testing uncertainty's effect in real options with multiple capital goods. *Economica*, 78, 330-346, 2011.

DRAKOS, K.; GOULAS, E. Investment and conditional uncertainty: The role of market power, irreversibility, and returns-to-scale. *Economics Letters*, v. 93, n. 2, p. 169-175, 2006.

DRIVER, C.; MORETON, D. The influence of uncertainty on UK manufacturing investment. *Economic Journal*, v. 101, n. 409, p. 1452-59, 1991.

DRIVER, C. TEMPLE, P.; URGA, G. Contrasts between types of assets in fixed investment equations as a way of testing real options theory. *Journal of Business & Economic Statistics*, v. 24, n. 4, p. 432-443, 2006.

FAULKENDER, M.; WANG, R. Corporate financial policy and the value of cash. *Journal of Finance*, v. 61, n. 4, p. 1957-1990, 2006.

FAZZARI, S. M.; HUBBARD, R. G.; PETERSEN, B. C. Financing constraints and corporate investment. *Brookings Papers on Economic Activity*, v. 1988, n. 1, p. 141-206, 1988.

GHOSAL, V.; LOUNGANI, P. The differential impact of uncertainty on investment in small and large businesses. *Review of Economics and Statistics* , v. 82, n. 2, p. 338-343, 2000.

GOEL, R. K.; RAM, R. Irreversibility of R&D investment and the adverse effect of uncertainty: Evidence from the OECD countries. *Economics Letters* , v. 71, n. 2, p. 287-291, 2001.

GREENE, W. H. *Econometric Analysis*, 1993.

GUARIGLIA, A.; TSOUKALAS, J.; TSOUKAS, S. Investment, irreversibility, and financing constraints: evidence from a panel of transition economies. *Working paper, Publisher: University of Nottingham, School of Economics, nº. 10/03,* 2010.

GUISO, L. High-tech firms and credit rationing. *Journal of Economic Behavior & Organization*, v. 35, n. 1, p. 39-59, 1998.

GUISO, L.; PARIGI, G. Investment and demand uncertainty. *Quarterly Journal of Economics*, v. 114, n. 1, p. 185-227, 1999.

HALL, B. H. *Investment and Research and Development at the Firm Level: Does the Source of Financing Matter?* National Bureau of Economic Research, 1992.

_____. The financing of research and development. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 18, n. 1, p. 35-51, 2002.

HALL, B. H.; LERNER, J. *The Financing of R&D and Innovation.* National Bureau of Economic Research, 2009.

HARHOFF, D. Are there financing constraints for R&D and investment in German manufacturing firms? *Annales d'Economie et de Statistique*, v. 49-50, n. 50, p. 421-456, 1998.

HARTMAN, R. The effects of price and cost uncertainty on investment. *Journal of Economic Theory*, v. 5, n. 2, p. 258-266, 1972.

HAUSMAN, A. Specification tests in econometrics. *Econometrica*, v. 46, p. 1251-1271, 1978.

HIMMELBERG, C. P.; PETERSEN, B. C. R&D and internal finance: a panel study of small firms in high-tech industries. *Review of Economics & Statistics*, v. 76, n. 1, p. 38-51, 1994.

HSIAO, C. *Analysis of panel data*. Cambridge University Press, 2003.

HSIAO, C.; TAHMISCIOGLU, A. K. A panel analysis of liquidity constraints and firm investment. *Journal of the American Statistical Association*, v. 92, n. 438, p. 455-465, 1997.

HUSSAIN, A. A Mixed Model for Regressions. *Biometrika*, v. 56, n. 2, p. 327-336, 1969.

JORGENSON, D. Capital Theory and Investment Behavior. *The American Economic Review*, v. 53, n. 2, p. 247-259, 1963.

KALATZIS, A. E. G.; AZZONI, C. R. Investment decisions in troubled times: A Bayesian approach applied to Brazilian firms. *International Journal of Production Economics*, v. 120, n. 2, p. 595-606, 2009.

KALATZIS, A. E. G.; AZZONI, C. R.; ACHCAR, J. A. Financial constraints and investment decisions: evidence from a highly unstable emerging economy. *Applied Economics*, v. 40, n. 10-12, p. 1425(10), 2008.

KAPLAN, S. N.; ZINGALES, L. Do investment-cash flow sensitivities provide useful measures of financing constraints? *Quarterly Journal of Economics*, v. 112, n. 1, p. 169-215, 1997.

LEAHY, J. V.; WHITED, T. M. The effect of uncertainty on investment: Some stylized facts. *Journal of Money Credit and Banking*, v. 28, n. 1, p. 64-83, 1996.

LINDSTROM, M. J.; BATES, D. M. Newton-Raphson and EM algorithms for linear mixed-effects models for repeated-measures data. *Journal of the American Statistical Association*, v. 83, n. 404, p. 1014-1022, 1988.

MANDELKER, G.; RHEE, S. G. The Impact of the Degrees of Operating and Financial Leverage on Systematic Risk of Common Stock. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* , v. 19, n. 01, p. 45-57, 1984.

MCDONALD, R.; SIEGEL, D. The value of waiting to invest. *Quarterly Journal of Economics*, 101, 707-727, 1986.

MODIGLIANI, F.; MILLER, M. The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *The American Economic Review*, v. 48, n. 3, p. 261-297, 1958.

MORRELL, C. H.; PEARSON, J. D.; BRANT, L. J. Linear transformations of linear mixed-effects models. *American Statistician*, v. 51, n. 4, p. 338-343, 1997.

MOYEN, N. Investment-cash flow sensitivities: Constrained versus unconstrained firms. *Journal of Finance*, v. 59, n. 5, p. 2061-2092, 2004.

OGAWA, K.; SUZUKI, K. Uncertainty and investment: Some evidence from the panel data of Japanese manufacturing firms. *Japanese Economic Review*, v. 51, n. 2, p. 170-192, 2000.

PARISI, M. L.; SCHIANTARELLI, F.; SEMBENELLI, A. Productivity, innovation and R&D: Micro evidence for Italy. *European Economic Review*, v. 50, n. 8, p. 2037-2061, 2006.

PINDYCK, R. S. A Note on Competitive Investment under Uncertainty. *American Economic Review*, v. 83, p. 273-277, 1993.

_____. Irreversibility, uncertainty, and investment. *Journal of Economic Literature*, v. 29, n. 3, p. 1110-1148, 1991.

_____. Adjustment Costs, Uncertainty, and the Behavior of the Firm. *The American Economic Review*, v. 72, n. 3, p. 415-427, 1982.

PINHEIRO, J. C.; BATES, D. M. *Mixed-Effects Models in S and S-Plus*, 2000.

SARGAN, J. D. The Estimation of Economic Relationships Using Instrumental Variables, *Econometrica*, v. 13, p. 393-415, 1958

SAVIGNAC, F. *The impact of financial constraints on innovation: evidence from french manufacturing firms.* University Panthyon-Sorbonne, Paris, 2006.

SCHERER, F. M. *Industrial market structure and economic performance*, New York: Houghton Mifflin, 1980.

SCHIANTARELLI, F. Financial constraints and investment: methodological issues and international evidence. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 12, n. 2, p. 70-89, 1996.

SHLEIFER, A.; VISHNY, R. W. Liquidation values and debt capacity: A market equilibrium approach. *Journal of Finance*, v. 47, n. 4, p. 1343-66, 1992.

STERKEN, E.; LENSINK, R.; BO, H. *Investment, cash flow and uncertainty: evidence for the Netherlands.* International Conferences on Panel Data, 2002

STRAM, D. O.; JAE WON, L. Variance components testing in the longitudinal mixed effects model. *Biometrics*, v. 50, n. 4, p. 1171-1177, 1994.

TAHMISCIOGLU, A. K. Intertemporal variation in financial constraints on investment: A time-varying parameter approach using panel data. *Journal of Business & Economic Statistics*, v. 19, n. 2, p. 153-165, 2001.

TERRA, C. T. Credit Constraints in Brazilian Firms: Evidence from Panel Data. *Revista Brasileira de Economia*, v. 57, n. 2, p. 443-464, 2003.

VAIDA, F.; BLANCHARD, S. Conditional Akaike information for mixed-effects models. *Biometrika*, v. 92, n. 2, p. 351-370, 2005.

VERBEKE, G.; LESAFFRE, E. A linear mixed-effects model with heterogeneity in the random-effects population. *Journal of the American Statistical Association*, v. 91, n. 433, p. 217-221, 1996.

WEINHOLD, D. *A Dynamic Fixed Effects Model for Heterogeneous Panel Data*, 1999.

WOOLDRIDGE, J. Econometric analysis of cross section and panel data. Cambridge, 2002.

WOOLDRIDGE, J. M. Introductory Econometrics: A Modern Approach, 2000.

APÊNDICE A: OUTROS CRITÉRIOS DE AGRUPAMENTO PARA DE INTENSIDADE DE CAPITAL E TAMANHO DA FIRMA.

Embora os resultados apresentados no capítulo 4 permitam uma análise da restrição financeira nas decisões de investimento em condições de incerteza, optou-se também por utilizar outros critérios de classificação das firmas por intensidade de capital e tamanho.

Para classificar as firmas com baixa e alta intensidade de capital utilizou-se a proposta de Hsiao e Tahmiscioglu (1997), que sugeriram analisar os coeficientes médios de liquidez das firmas contra os valores médios da intensidade de capital. A figura 4.1 apresenta o gráfico de dispersão entre essas variáveis, e para separar os grupos de baixa e alta intensidade de capital definiu-se o ponto de corte em 1.00. Em outras palavras, as firmas com valores inferiores ao ponto de corte pertencem ao grupo com baixa intensidade de capital, e as firmas com valores superiores ao ponto de corte pertencem ao grupo com alta intensidade de capital.[32]

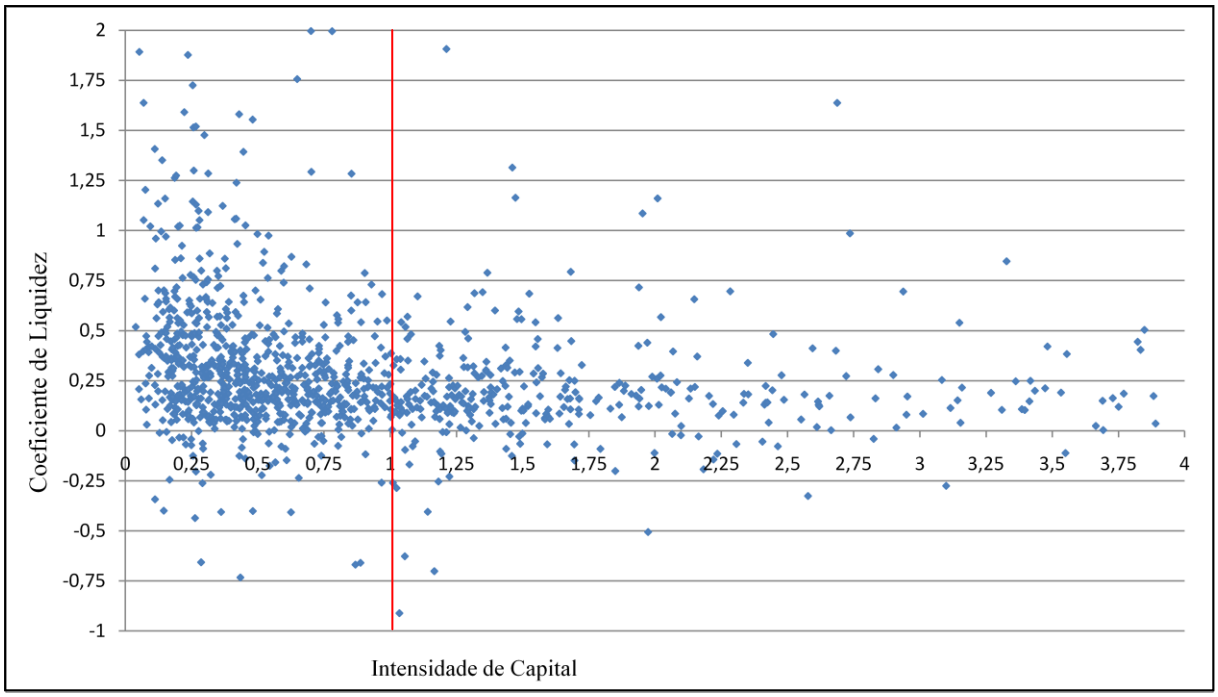

Figura A.1: Diagrama de dispersão entre o coeficiente de liquidez e a média da intensidade de capital de cada firma.

[32] Para uma melhor análise da inferência dos resultados, a amostra também foi dividida pelos pontos de corte iguais a 0.90 e 1.10, em que não foi verificada nenhuma alteração nos resultados.

Para o agrupamento das firmas por tamanho - médio e grande porte – também foi utilizado o critério de classificação definido pelo Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES). As firmas consideradas de médio porte são as que apresentam sua receita operacional bruta anual inferior ou igual a noventa milhões, caso contrário as firmas são consideradas como de grande porte.

Para verificar se as classificações da amostra definem grupos distintos de firmas utilizou-se o teste de Chow. Chow (1960) desenvolveu um teste para verificar se as estimativas de um modelo de regressão entre duas amostras são as mesmas, ou seja, a hipótese nula do teste é de igualdade entre os coeficientes em duas amostras. O resultado do teste de Chow mostrou que todos os agrupamentos propostos neste estudo definem grupos distintos de firmas. Para as firmas agrupadas por intensidade de capital, o resultado do teste de Chow é F(6, 8133) = 56.79, ou seja, rejeitando a hipótese nula de que os coeficientes do modelo são os mesmos entre os grupos. Já para as firmas classificadas por tamanho, o resultado do teste é F(6, 8133) = 3.06.

Tabela A.1: Características financeiras para as firmas agrupadas por intensidade de capital - de acordo com Hsiao e Tahmiscioglu (1997) - e tamanho - de acordo com o BNDES.

Variáveis	*Intensidade de Capital*				*Tamanho da Firma*			
	Baixa		*Alta*		*Médio*		*Grande*	
	Média	*D.P*	*Média*	*D.P*	*Média*	*D.P*	*Média*	*D.P*
I/K_{t-1}	0.047	0.276	0.047	1.081	0.041	0.800	0.060	0.356
FC/K_{t-1}	0.321	0.505	0.136	0.317	0.239	0.469	0.282	0.415
V/K_{t-1}	3.252	2.738	0.577	0.413	2.262	2.589	2.246	2.421
D/K_{t-1}	0.591	0.851	0.406	0.561	0.497	0.791	0.578	0.686
D/Ativo	0.166	0.163	0.212	0.205	0.175	0.185	0.202	0.171
D/PL	0.903	4.496	1.068	4.298	1.009	4.799	0.863	3.431
LL /PL	0.020	0.701	-0.089	0.761	-0.043	0.776	0.031	0.594
LL /K	0.196	0.501	0.010	0.288	0.114	0.457	0.155	0.410
LL /Ativo	0.044	0.103	-0.001	0.109	0.022	0.111	0.039	0.099
Saldo caixa	0.121	0.407	0.177	0.524	0.145	0.527	0.134	0.217
Obs.	5231		3099		5771		2559	

As variáveis I/K_{t-1}, FC/K_{t-1}, V/K_{t-1}, D/K_{t-1}, *LL /K*, são respectivamente, o investimento, o fluxo de caixa, vendas, dívida e lucro líquido, todos divididos pelo estoque de capital; *LL/PL* é o lucro líquido divididos pelo patrimônio líquido; *D/Ativo* é a razão da dívida pelo ativo circulante; e *D/PL* é a razão da dívida pelo patrimônio líquido.

Tabela A.2: Estimação dos parâmetros do modelo (4.1) utilizando o modelo misto para as firmas agrupadas por intensidade de capital - de acordo com Hsiao e Tahmiscioglu (1997) - e tamanho - de acordo com o BNDES.

Variáveis	*Intensidade de Capital*		*Tamanho da Firma*	
	Baixa	*Alta*	*Médio*	*Grande*
$(I/K_{t-1})_{t-1}$	0.080*** (0.009)	0. 028 (0.031)	0.048*** (0.018)	0.052*** (0.018)
$(I/K_{t-1})^2_{t-1}$	-0.012*** (0.003)	0.014 (0.017)	0.005 (0.011)	0.019 (0.011)
$(V/K_{t-1})_t$	0.010*** (0.001)	0.100*** (0.017)	0.022*** (0.006)	0.015** (0.005)
$(FC/K_{t-1})_t$	0.006** (0.003)	0.124*** (0.024)	0.051*** (0.010)	0.005 (0.010)
$(D/K_{t-1})_t$	0.044*** (0.005)	0.246*** (0.032)	0.113*** (0.015)	0.125*** (0.014)
σ^2	0.223	0.492	0.214	0.299
Obs.	4539	2709	5059	2189

[a] Os símbolos *, ** e *** significam os níveis de significância 10%, 5% e 1%, respectivamente. Os valores entre parênteses são os erros padrão.

Tabela A.3: Estimação do modelo (4.1) com *dummy* de inclinação.

Variáveis	*Modelo misto*
$(I/K_{t-1})_{t-1}$	0.030** (0.012)
$(I/K_{t-1})^2_{t-1}$	0.050*** (0.011)
$(V/K_{t-1})_t$	0.021*** (0.007)
$(FC/K_{t-1})_t$	0.041*** (0.010)
$(D/K_{t-1})_t$	0.149*** (0.012)
Interação- $(FC/K_{t-1})_t$ dummy - Intensidade Capital	0.080*** (0.019)
σ^2	0.271
Obs.	7248

[a] Os símbolos *, ** e *** significam os níveis de significância 10%, 5% e 1%, respectivamente. Os valores entre parênteses são os erros padrão.

Tabela A.4: Estimação dos parâmetros do modelo (4.2) utilizando o modelo misto para as firmas agrupadas por intensidade de capital - de acordo com Hsiao e Tahmiscioglu (1997) - e tamanho - de acordo com o BNDES.

Variáveis	*Intensidade de Capital*		*Tamanho da Firma*	
	Baixa	*Alta*	*Médio*	*Grande*
Fluxo de Caixa				
$(I_{jt}/K_{t-1})_{t-1}$	0.076*** (0.010)	-0.0003 (0.028)	0.026 (0.017)	0.052*** (0.018)
$(I_{jt}/K_{t-1})^2_{t-1}$	-0.009 (0.006)	0.050*** (0.021)	0.034** (0.013)	0.020* (0.011)
(V_{jt}/K_{t-1})	0.010*** (0.002)	0.096*** (0.019)	0.022*** (0.008)	0.014*** (0.005)
$\sigma_1 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.014** (0.006)	0.025 (0.043)	0.033* (0.019)	0.011 (0.015)
$\sigma_2 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.004 (0.005)	0.144** (0.033)	0.059*** (0.015)	0.002 (0.013)
(D_{jt}/K_{t-1})	0.055*** (0.006)	0.316*** (0.033)	0.143*** (0.016)	0.123*** (0.013)
σ^2	0.211	0.267	0.134	0.299
Vendas				
$(I_{jt}/K_{t-1})_{t-1}$	0.078*** (0.010)	-0.005 (0.028)	0.025 (0.017)	0.052*** (0.018)
$(I_{jt}/K_{t-1})^2_{t-1}$	-0.009 (0.006)	0.053*** (0.021)	0.032** (0.014)	0.019* (0.011)
(V_{jt}/K_{t-1})	0.010*** (0.002)	0.095*** (0.019)	0.022*** (0.008)	0.014*** (0.005)
$\gamma_1 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.008 (0.006)	0.045 (0.045)	0.028 (0.018)	0.009 (0.014)
$\gamma_2 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.008 (0.005)	0.130*** (0.032)	0.064*** (0.015)	0.003 (0.013)
(D_{jt}/K_{t-1})	0.055*** (0.006)	0.322*** (0.033)	0.142*** (0.016)	0.123*** (0.013)
σ^2	0.212	0.265	0.133	0.299
Ibovespa				
$(I_{jt}/K_{t-1})_{t-1}$	0.080*** (0.009)	0.003 (0.026)	0.032** (0.016)	0.054*** (0.018)
$(I_{jt}/K_{t-1})^2_{t-1}$	-0.013*** (0.004)	0.056*** (0.019)	0.037*** (0.013)	0.018 (0.011)
(V_{jt}/K_{t-1})	0.010*** (0.001)	0.109*** (0.018)	0.027*** (0.007)	0.014*** (0.005)
$\psi_1 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.006* (0.003)	0.013 (0.028)	0.014 (0.012)	0.014 (0.010)
$\psi_2 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.006 (0.006)	0.121*** (0.031)	0.061*** (0.015)	-0.013 (0.015)
(D_{jt}/K_{t-1})	0.047*** (0.005)	0.314*** (0.031)	0.138*** (0.016)	0.122*** (0.013)
σ^2	0.225	0.227	0.114	0.298
Obs.	4539	2709	5059	2189

[a] Os símbolos *, ** e *** significam os níveis de significância 10%, 5% e 1%, respectivamente. Os valores entre parênteses são os erros padrão.

APÊNDICE B: ESTIMAÇÕES DAS TABELAS DO CAPÍTULO 4 UTILIZANDO OS MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DE EFEITO FIXO E VARIÁVEL INSTRUMENTAL.

Tabela B.1: Estimação dos parâmetros do modelo (4.1) utilizando o método da variável instrumental e efeito fixo para as firmas agrupadas por intensidade de capital, tamanho e grau tecnológico.

Variáveis	*Intensidade de Capital*				*Tamanho*				*Tecnologia*			
	Baixa		*Alta*		*Médio*		*Grande*		*Baixa*		*Alta*	
	E.F	*V.I*	*E.F*	*V.I*	*E.F*	*V.I*	*E.F*	*V.I*	*E.F*	*V.I*	*E.F*	*V.I*
$(I/K_{t-1})_{t-1}$	0.044***	0.010	-0.032**	-0.050**	-0.066***	-0.126***	-0.010	-0.030***	0.017***	0.011***	-0.143***	-0.212***
	(0.009)	(0.011)	(0.016)	(0.020)	(0.021)	(0.027)	(0.007)	(0.010)	(0.004)	(0.004)	(0.049)	(0.056)
$(I/K_{t-1})^2_{t-1}$	-0.003***	-0.001	0.0001	0.0003	0.001	0.001***	0.0001	0.0007**	0.0002***	0.0002***	0.000	0.001
	(0.001)	(0.001)	(0.0003)	(0.0003)	(0.000)	(0.0004)	(0.0001)	(0.0003)	(0.00006)	(0.00008)	(0.001)	(0.001)
$(V/K_{t-1})_t$	0.008***	0.007***	0.134***	0.145***	0.012	0.009	0.009**	0.007	0.006***	0.005**	0.004	-0.002
	(0.002)	(0.001)	(0.019)	(0.022)	(0.008)	(0.009)	(0.005)	(0.005)	(0.002)	(0.002)	(0.016)	(0.017)
$(FC/K_{t-1})_t$	0.030***	0.026***	0.234***	0.240***	0.190***	0.210***	0.038***	0.029***	0.025***	0.020***	0.384***	0.416***
	(0.006)	(0.006)	(0.030)	(0.034)	(0.024)	(0.027)	(0.010)	(0.011)	(0.005)	(0.006)	(0.049)	(0.055)
$(D/K_{t-1})_t$	0.046***	0.054***	0.325***	0.349***	0.117***	0.139***	0.121***	0.131***	0.091***	0.096***	0.277***	0.324***
	(0.008)	(0.007)	(0.047)	(0.053)	(0.039)	(0.044)	(0.013)	(0.014)	(0.007)	(0.008)	(0.074)	(0.083)
σ^2	0.229	0.220	0.949	0.996	0.905	0.952	0.388	0.385	0.261	0.258	1.341	1.408
Obs.	4078		3623		4084		4061		6335		1810	

[a] Os símbolos *, ** e *** significam os níveis de significância 10%, 5% e 1%, respectivamente. Os valores entre parênteses são os erros padrão.

Tabela B.2: Estimação dos parâmetros do modelo (4.1) com *dummies* de inclinação utilizando o método da variável instrumental e efeito fixo.

Variáveis	*Modelos*	
	E. F	*VI*
$(I/K_{t-1})_{t-1}$	-0.023*** (0.010)	-0.046*** (0.012)
$(I/K_{t-1})^2_{t-1}$	0.0004 (0.0001)	0.0002 (0.0002)
$(V/K_{t-1})_t$	0.010** (0.005)	0.008 (0.005)
$(FC/K_{t-1})_t$	0.104*** (0.012)	0.106*** (0.013)
$(D/K_{t-1})_t$	0.114*** (0.017)	0.123*** (0.019)
Interação- $(FC/K_{t-1})_t$ dummy - Intensidade Capital	0.188*** (0.020)	0.197*** (0.022)
Interação - $(FC/K_{t-1})_t$ dummy - Tamanho	0.080*** (0.020)	0.094*** (0.022)
Interação - $(FC/K_{t-1})_t$ dummy - Grau Tecnológico	0.351*** (0.026)	0.381*** (0.029)
σ^2	0.691	0.722
Obs.	8145	7247

[a] Os símbolos *, ** e *** significam os níveis de significância 10%, 5% e 1%, respectivamente. Os valores entre parênteses são os erros padrão.

Tabela B.3: Estimação dos parâmetros do modelo (4.2) utilizando o método da variável instrumental e efeito fixo

Variáveis	*Amostra Toda*		*Intensidade de Capital*				*Tamanho da Firma*				*Grau tecnológico*			
			Baixa		*Alta*		*Média*		*Grandes*		*Baixo*		*Alto*	
	E.F	*V.I*	*E.F*	*V.I*	*E.F*	*V.I*	*E.F*	*V.I*	*E.F*	*V.I*	*E.F*	*V.I*	*E.F*	*V.I*
Fluxo de Caixa														
$(I_{jt}/K_{t-1})_{t-1}$	-0.023**	-0.046***	0.042***	0.008	-0.030*	-0.049**	-0.067***	-0.126***	-0.009	-0.029***	0.016***	0.011**	-0.148***	-0.219***
	(0.009)	(0.012)	(0.009)	(0.011)	(0.015)	(0.020)	(0.021)	(0.026)	(0.007)	(0.009)	(0.004)	(0.004)	(0.048)	(0.055)
$(I_{jt}/K_{t-1})^2_{t-1}$	0.0001	0.0003	-0.002***	-0.001	0.0002	0.0004	0.0006	0.001***	0.0001	0.0007**	-0.0003***	-0.0003***	-0.0003	0.001
	(0.0002)	(0.0002)	(0.0007)	(0.001)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0004)	(0.0004)	(0.0001)	(0.0003)	(0.0001)	(0.0001)	(0.001)	(0.001)
(V_{jt}/K_{t-1})	0.010**	0.009*	0.008***	0.007***	0.136***	0.147***	0.015**	0.012	0.009**	0.007	0.005***	0.005**	0.003	-0.002
	(0.004)	(0.005)	(0.001)	(0.001)	(0.019)	(0.022)	(0.007)	(0.008)	(0.004)	(0.004)	(0.002)	(0.002)	(0.015)	(0.016)
$\sigma_1 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.028	0.024	0.015*	0.005	0.005	-0.003	-0.001	0.0005	0.038***	0.035**	0.023***	0.015*	0.073	0.086
	(0.019)	(0.022)	(0.009)	(0.010)	(0.051)	(0.056)	(0.038)	(0.043)	(0.017)	(0.018)	(0.008)	(0.009)	(0.079)	(0.088)
$\sigma_2 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.141***	0.144***	0.038***	0.037***	0.331***	0.344***	0.285***	0.313***	0.037***	0.026**	0.025***	0.021***	0.534***	0.574***
	(0.014)	(0.016)	(0.007)	(0.007)	(0.036)	(0.040)	(0.029)	(0.032)	(0.012)	(0.013)	(0.006)	(0.006)	(0.059)	(0.067)
(D_{jt}/K_{t-1})	0.115***	0.123***	0.047***	0.054***	0.319***	0.337***	0.123***	0.144***	0.121***	0.131***	0.090***	0.095***	0.282***	0.327***
	(0.017)	(0.019)	(0.007)	(0.007)	(0.047)	(0.053)	(0.038)	(0.044)	(0.012)	(0.014)	(0.007)	(0.007)	(0.073)	(0.083)
σ^2	0.690	0.721	0.229	0.220	0.946	0.992	0.900	0.947	0.388	0.385	0.261	0.258	1.333	1.400
Vendas														
$(I_{jt}/K_{t-1})_{t-1}$	-0.023**	-0.045***	0.043***	0.009	-0.031*	-0.051**	-0.066***	-0.125***	-0.009	-0.029***	0.016***	0.011**	-0.144***	-0.211***
	(0.009)	(0.012)	(0.009)	(0.011)	(0.015)	(0.020)	(0.020)	(0.026)	(0.007)	(0.009)	(0.004)	(0.004)	(0.048)	(0.055)
$(I_{jt}/K_{t-1})^2_{t-1}$	0.0005	0.0002	-0.002***	-0.001	0.0002	0.0003	0.0006	0.001***	0.0001	0.0007**	-0.0002***	-0.0002***	-0.0003	0.001
	(0.0001)	(0.0002)	(0.0007)	(0.001)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0004)	(0.0004)	(0.0001)	(0.0003)	(0.0001)	(0.0001)	(0.001)	(0.001)
(V_{jt}/K_{t-1})	0.012**	0.011*	0.008***	0.007***	0.137***	0.151***	0.016**	0.015*	0.009**	0.007	0.006***	0.005**	0.013	0.008
	(0.004)	(0.005)	(0.001)	(0.001)	(0.019)	(0.022)	(0.007)	(0.008)	(0.004)	(0.004)	(0.002)	(0.002)	(0.015)	(0.016)
$\gamma_1 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.024	0.019	0.017*	0.018**	0.020	-0.006	0.020	0.022	0.040***	0.026	0.012	0.010*	0.075	0.066
	(0.018)	(0.021)	(0.008)	(0.008)	(0.053)	(0.061)	(0.035)	(0.040)	(0.017)	(0.018)	(0.008)	(0.008)	(0.071)	(0.081)
$\gamma_2 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.149***	0.153***	0.041***	0.033***	0.311***	0.321***	0.313***	0.330***	0.036***	0.030**	0.032***	0.024***	0.601***	0.644***
	(0.015)	(0.016)	(0.007)	(0.008)	(0.036)	(0.039)	(0.031)	(0.034)	(0.012)	(0.013)	(0.006)	(0.006)	(0.063)	(0.070)
(D_{jt}/K_{t-1})	0.114***	0.123***	0.047***	0.054***	0.317***	0.338***	0.122***	0.142***	0.121***	0.131***	0.090***	0.095***	0.292***	0.346***
	(0.017)	(0.019)	(0.007)	(0.007)	(0.047)	(0.053)	(0.038)	(0.044)	(0.012)	(0.014)	(0.007)	(0.007)	(0.073)	(0.082)
σ^2	0.690	0.721	0.229	0.220	0.947	0.993	0.900	0.947	0.388	0.385	0.261	0.258	1.333	1.400

Ibovespa														
$(I_{jt}/K_{t-1})_{t-1}$	-0.023** (0.009)	-0.045*** (0.012)	0.043*** (0.009)	0.009 (0.011)	-0.031* (0.015)	-0.049** (0.019)	-0.065*** (0.020)	-0.121*** (0.026)	-0.009 (0.007)	-0.029*** (0.009)	0.016*** (0.004)	0.011** (0.004)	-0.152*** (0.048)	-0.218*** (0.055)
$(I_{jt}/K_{t-1})^2_{t-1}$	0.0005 (0.0001)	0.0002 (0.0002)	-0.002*** (0.0007)	-0.001 (0.001)	0.0002 (0.0003)	0.0003 (0.0003)	0.0005 (0.0003)	0.001*** (0.0004)	0.0001 (0.0001)	0.0006** (0.0003)	-0.0002*** (0.0001)	-0.0002*** (0.0001)	-0.0001 (0.001)	0.001 (0.001)
(V_{jt}/K_{t-1})	0.010** (0.004)	0.009* (0.005)	0.008*** (0.001)	0.007*** (0.001)	0.135*** (0.019)	0.146*** (0.022)	0.016** (0.007)	0.013 (0.008)	0.009** (0.004)	0.007 (0.004)	0.005*** (0.002)	0.005** (0.002)	0.008 (0.015)	0.003 (0.016)
$\psi_1 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.068*** (0.012)	0.072*** (0.014)	0.028*** (0.006)	0.026*** (0.006)	0.105*** (0.034)	0.114*** (0.037)	0.116*** (0.025)	0.136*** (0.028)	0.038*** (0.011)	0.034*** (0.011)	0.022*** (0.005)	0.018*** (0.005)	0.237*** (0.051)	0.269*** (0.057)
$\psi_2 \times (FC_{jt}/K_{t-1})$	0.187*** (0.016)	0.190*** (0.018)	0.035*** (0.008)	0.025*** (0.008)	0.416*** (0.039)	0.429*** (0.043)	0.343*** (0.031)	0.368*** (0.035)	0.035*** (0.014)	0.010 (0.015)	0.033*** (0.007)	0.021*** (0.007)	0.727*** (0.068)	0.755*** (0.074)
(D_{jt}/K_{t-1})	0.116*** (0.017)	0.123*** (0.019)	0.046*** (0.007)	0.053*** (0.007)	0.325*** (0.046)	0.346*** (0.053)	0.120*** (0.038)	0.143*** (0.044)	0.120*** (0.012)	0.131*** (0.014)	0.091*** (0.007)	0.095*** (0.007)	0.275*** (0.072)	0.319*** (0.082)
σ^2	0.688	0.720	0.229	0.220	0.942	0.987	0.897	0.944	0.388	0.385	0.261	0.258	1.319	1.386
Obs.	8145	7247	4078	3624	4067	3623	4084	3667	4061	3580	6335	5637	1810	1610

[a] Os símbolos *, ** e *** significam os níveis de significância 10%, 5% e 1%, respectivamente. Os valores entre parênteses são os erros padrão.

APÊNDICE C: DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DE RESÍDUO

Neste capítulo é apresentada a análise de diagnóstico ao modelo ajustado na equação (4.1) para a amostra toda. A análise do ajuste do modelo é uma importante etapa, pois examina os possíveis afastamentos das suposições feitas ao modelo, principalmente para a parte aleatória.

A figura C.1 ilustra uma representação gráfica do modelo do investimento em (4.1) para algumas firmas escolhidas aleatoriamente. Como pode ser visto pela figura C.1 o comportamento do investimento difere-se de firma para firma, indicando a existência de alguma variabilidade nos parâmetros do modelo do investimento.

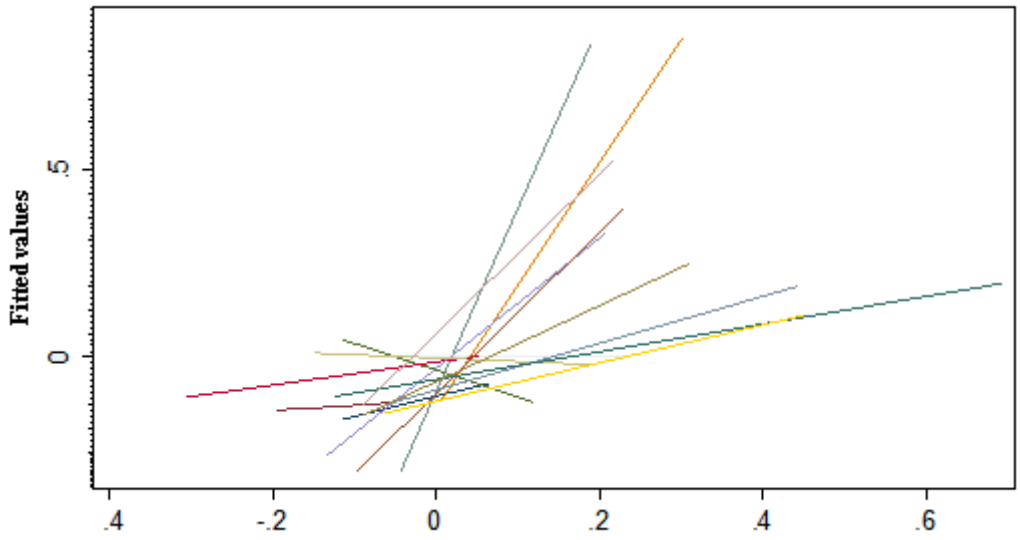

Figura C.1: Valores ajustados

A tabela C.1 apresenta o desvio padrão dos parâmetros estimados do modelo do investimento em (4.1) referente a uma regressão simples para cada firma. Pela tabela C.1 pode-se notar que há uma grande variação nos valores estimados dos coeficientes do modelo do investimento entre as firmas. Além disso, como não parece haver uma diminuição da variação dos coeficientes ao classificar as firmas em grupos, este estudo considerou os parâmetros do modelo do investimento como aleatórios ao utilizar a abordagem do modelo misto nas estimações dos parâmetros do modelo do investimento.[33]

[33] A significância dos efeitos aleatórios no modelo do investimento foi avaliada pelo teste da razão da verossimilhança, anteriormente apresentado.

Tabela C.1: Desvio-padrão dos coeficientes estimados.

Coeficientes	*Amostra Toda*	*Intensidade de Capital*		*Tamanho da Firma*		*Grau tecnológico*	
		Baixa	*Alta*	*Médio*	*Grande*	*Baixa*	*Alta*
I/K_{t-1}	14.01	13.57	14.44	11.40	16.22	14.42	12.63
I/K^2_{t-1}	41.34	47.97	33.41	41.23	41.46	43.12	35.09
V/K_{t-1}	5.614	0.928	7.922	2.102	7.681	3.646	9.486
FC/K_{t-1}	9.972	10.65	9.244	9.088	10.78	11.31	3.000
D/K_{t-1}	11.68	6.719	15.07	14.32	8.235	13.08	5.143
Obs.	8315	4156	4159	4161	4154	6325	1990

Para verificar a adequação do modelo e possível presença de *outliers* fez-se necessário uma análise dos resíduos. A figura C.1 mostra a alavancagem generalizada por observação para os efeitos fixos, em que não se verifica nenhuma observação discrepante.[34]

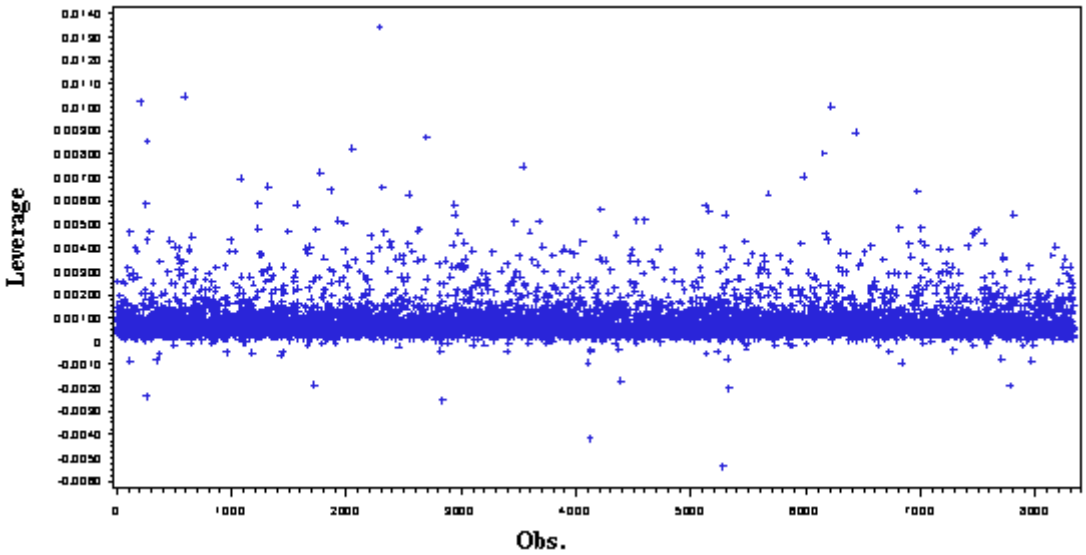

Figura C.2: Gráfico de alavancagem

As figuras C.2, C.3 e C.4 mostram as suposições de linearidade, homocedasticidade e normalidade imposta sobre o erro. Analisando a figura C.2, tem-se indicação da validade da hipótese de linearidade do resíduo, pois os resíduos distribuem-se aleatoriamente em torno de zero.

[34]O ponto de alavanca é utilizado para identificar uma medida de influência sobre os valores ajustados. No modelo linear normal, o ponto de alavanca é definido pelos elementos da diagonal da matriz *hat*, para o modelo de efeito misto a matriz correspondente é $H = X \quad X'V^{-1}X \quad ^{-1} X'V^{-1}$, em que $V = Var \quad y \quad = I + ZDZ'$.

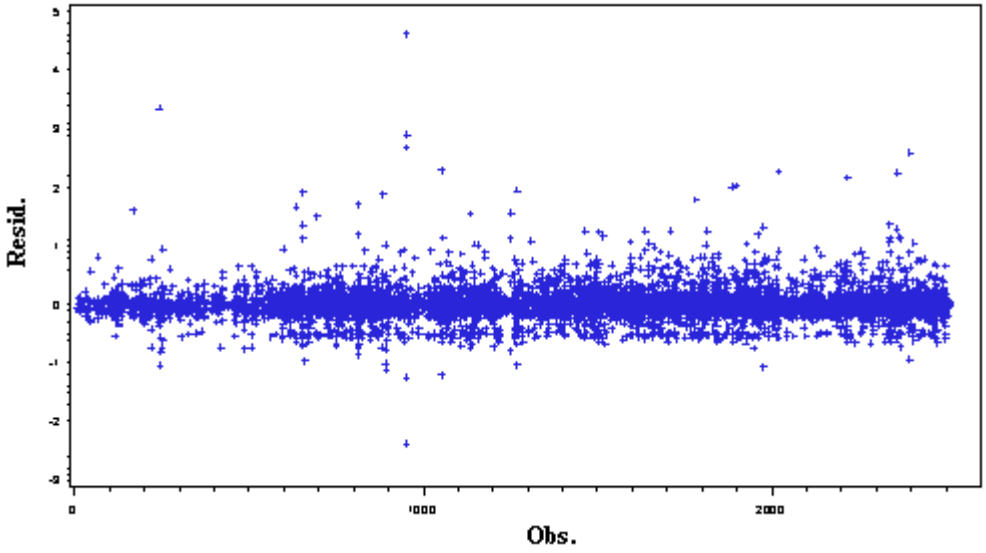

Figura C.3: Resíduo *versus* observação.

A figura C.3 apresenta o gráfico dos resíduos condicionais contra o valor ajustado.[35] Pela figura C.3 nota-se um aumento da variância dos resíduos para altos valores ajustados. A indicação de presença de heterocedasticidade era de se esperar devido à própria heterogeneidade das firmas. No entanto, utilizou-se o teste de heterocedasticidade de Cook-Weiberg e de White, que rejeitaram a hipótese de existência de homocedasticidade.[36]

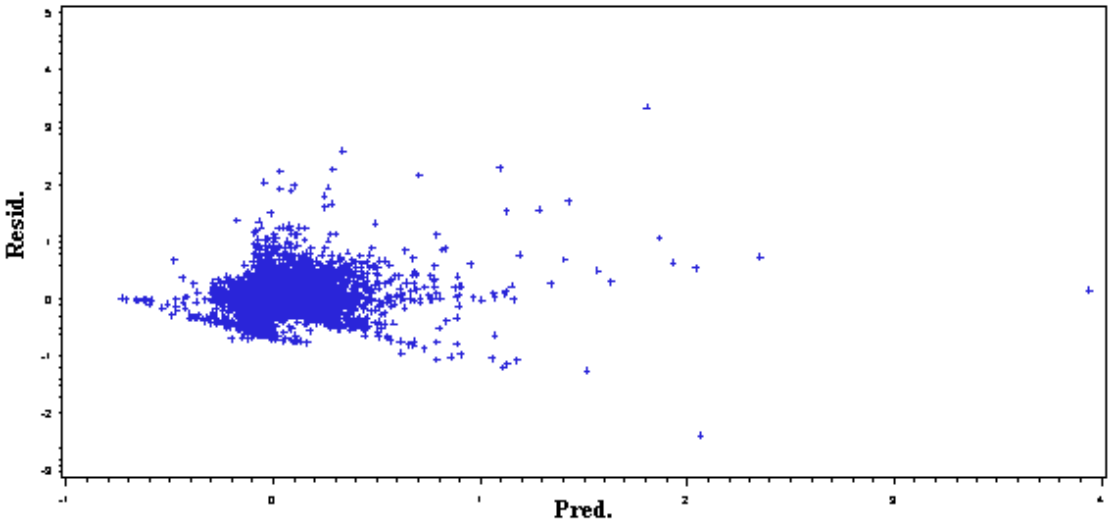

Figura C.4: Gráfico de valores ajustados *versus* resíduo.

---

[35] O resíduo condicional é definido como a diferença entre o valor observado e o valor estimado ou predito, $r_{ri} = X_i'\hat{\beta} + Z_i'\hat{b} - X_i'\hat{\beta}$

[36] O teste de Cook-Weisberg apresentou a seguinte estatística: $\chi^2 = 29302{,}23$ e $\text{Prob} > \chi^2 = 0.00$.

Finalmente, para verificar a suposição de normalidade sobre os resíduos utilizou-se o gráfico da normal probabilidade (figura C.4), em que parece razoável assumir normalidade para os resíduos. No entanto, o teste de Shapiro Wilk rejeitou a hipótese de que a distribuição é normal.[37]

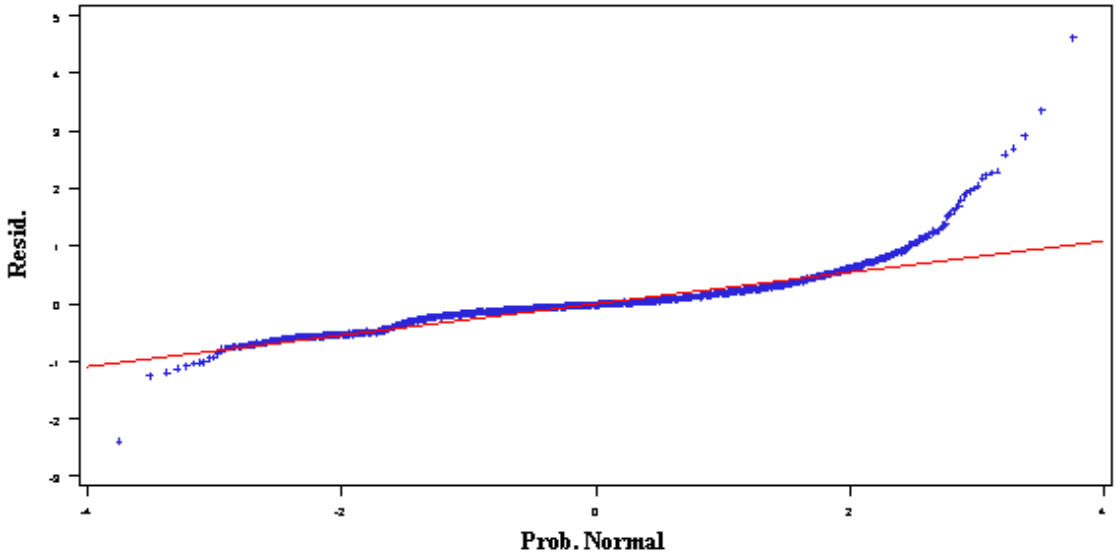

Figura C.5: Gráfico de probabilidade normal para os resíduos.

[37] Shapiro-Wilk W=0.8328, p=.0000.

APÊNDICE D: RENTABILIDADE DAS FIRMAS EM ALTA E BAIXA INCERTEZA

Tabela D.1: Índices de rentabilidade das firmas brasileiras em condições de alta e baixa incerteza.

Variáveis	*Intensidade de Capital*				*Tamanho da Firma*				*Tecnologia*			
	Baixa		*Alta*		*Médio*		*Grande*		*Baixo Grau*		*Alto Grau*	
	Média	*D.P*	*Média*	*D.P*	*Média*	*D.P*	*Média*	*D.P*	*Média*	*D.P*	*Média*	*D.P*
Baixa incerteza específica da firma, medida pelo desvio-padrão de fluxo de caixa												
LL /PL	0.104	0.297	0.010	0.584	0.061	0.437	0.056	0.485	0.070	0.343	0.021	0.719
LL /K	0.309	0.555	0.077	0.240	0.193	0.407	0.200	0.487	0.196	0.443	0.200	0.460
LL /Ativo	0.069	0.101	0.028	0.090	0.050	0.102	0.049	0.093	0.050	0.098	0.047	0.100
Alta incerteza específica da firma, medida pelo desvio-padrão de fluxo de caixa												
LL /PL	-0.044	0.943	-0.154	0.881	-0.108	0.805	-0.093	1.005	-0.078	0.707	-0.172	1.371
LL /K	0.137	0.476	-0.021	0.362	0.040	0.370	0.070	0.475	0.057	0.425	0.050	0.438
LL /Ativo	0.026	0.098	-0.016	0.121	0.001	0.112	0.008	0.112	0.005	0.112	0.003	0.112
Baixa incerteza específica da firma, medida pelo desvio-padrão de vendas												
LL /PL	0.054	0.607	-0.016	0.500	0.024	0.504	0.024	0.636	0.037	0.464	-0.014	0.794
LL /K	0.227	0.447	0.040	0.277	0.143	0.365	0.155	0.432	0.146	0.390	0.153	0.411
LL /Ativo	0.051	0.093	0.017	0.102	0.035	0.096	0.038	0.101	0.037	0.097	0.034	0.101
Alta incerteza específica da firma, medida pelo desvio-padrão de vendas												
LL /PL	0.004	0.791	-0.116	0.895	-0.077	0.789	-0.055	0.902	-0.042	0.635	-0.143	1.351
LL /K	0.225	0.617	0.017	0.335	0.089	0.435	0.118	0.522	0.108	0.483	0.095	0.498
LL /Ativo	0.045	0.113	-0.002	0.113	0.014	0.125	0.020	0.108	0.019	0.116	0.015	0.115
Baixa incerteza de mercado												
LL /PL	0.031	0.748	-0.071	0.768	-0.019	0.630	-0.009	0.879	0.011	0.523	-0.106	1.291
LL /K	0.228	0.513	0.035	0.280	0.131	0.383	0.154	0.487	0.143	0.436	0.138	0.435
LL /Ativo	0.051	0.102	0.009	0.102	0.030	0.105	0.034	0.103	0.033	0.104	0.029	0.105
Alta incerteza de mercado												
LL /PL	0.037	0.523	-0.077	0.738	-0.022	0.677	-0.039	0.649	-0.029	0.621	-0.035	0.758
LL /K	0.223	0.555	0.017	0.350	0.096	0.425	0.102	0.480	0.096	0.445	0.108	0.481
LL /Ativo	0.044	0.103	0.001	0.117	0.018	0.119	0.018	0.109	0.017	0.114	0.021	0.113