

Um Modelo Misto Considerando a Incerteza nas Decisões de Investimento da Firma

Prof. Associado Aquiles Elie Guimarães Kalatzis

Departamento de Engenharia de Produção / EESC

Universidade São Paulo -EESC/USP.

aquiles@sc.usp.br

Marina Barboza Camargo

Aluna de mestrado do Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção

Universidade São Paulo - EESC/USP.

mabc@sc.usp.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar a presença de restrição financeira nas decisões de investimento de uma amostra 626 empresas brasileiras para o período de 1997-2006. O efeito da restrição financeira sobre as decisões de investimento é analisado controlando a rentabilidade futura e as oportunidades de investimento por tamanho, intensidade de capital e grau tecnológico das firmas. A incerteza nas decisões de investimento é considerada através de um movimento *Browniano* e os parâmetros são estimados considerando três modelos: Efeito Fixo, Variável Instrumental e Modelo Misto.

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

Abstract

This study analyzes the investment decisions of the Brazilian companies with in panel data, considering the behavior unobserved heterogeneity of the firms, using a specific component for each firm. To consider the financial constraint effect in investment decision we control the investment opportunities by size, capital intensity and technological degree. The presence of financial constraints on the Brazilian companies is investigated by fixed effects, instrumental variable and mixed model and considering the uncertainty in investment decisions through a *Brownian* motion.

Keyword: Investment Decisions, Financial Constraints, Uncertainty, Mixed Model.

Área 7 - Microeconomia, Métodos Quantitativos e Finanças

JEL - G3, G30, G31

1. Introdução

As decisões de investimento da firma é um tema de grande importância na literatura econômica, principalmente quando se considera sua relação com o crescimento econômico. A compreensão dos principais fatores que possam interferir e restringir as decisões de investimento empresarial torna-se de grande relevância, principalmente para economias emergentes como o Brasil.

A principal discussão na literatura do investimento no âmbito microeconômico tem se concentrado sobre a presença de restrição financeira nas decisões de investimento da firma. A compreensão de fatores que possam restringir o financiamento do investimento é de fundamental importância dada sua estreita relação com fatores macroeconômicos, mercado de crédito e de capitais os quais podem alterar o desempenho da economia. Os principais fatores estudados nos últimos anos referem-se ao papel financeiro nas decisões de investimento corporativo, intensificando-se com o seminal trabalho de Fazzari, Hubbard e Petersen - FHP (1988). Tanto no estudo de FHP (1988) como em estudos posteriores a presença de restrição de financeira tem sido testada introduzindo variáveis de liquidez para explicar o comportamento investimento a partir da hipótese de assimetria de informação. A partir do resultado encontrado por FHP (1988) os autores inferiram a existência de uma relação monotonicamente crescente da sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa, ou seja, quanto maior à disponibilidade de recursos internos maior seria o grau de restrição financeira. Evidências da importância do fluxo de caixa na explicação do investimento foram encontradas em diversos estudos. No entanto, a relação monotonicamente crescente da sensibilidade do investimento ao fluxo do caixa não verificou em estudos futuros. As críticas mais contundentes foram apontadas por Kaplan e Zingales - KZ (1997), para os quais não haveria razão teórica forte para que a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa fosse uma função monotônica, tanto dos fundos internos disponíveis pelas firmas quanto ao grau de assimetria de informação por elas enfrentadas. A crítica foi fundamentada em resultados empíricos utilizando a mesma base de dados de FHP (1988).

Inúmeros estudos posteriores procuraram identificar a presença de restrição financeira controlando pela lucratividade futura e oportunidades futuras de investimento. Para isso procura-se encontrar uma medida de tal forma que se possa identificar presença de restrição financeira, seja através da presença assimetria de informação ou de variáveis de controle relacionadas às variáveis de liquidez, lucratividade futura ou oportunidades futuras de investimento. Na tentativa de explicar os resultados contraditórios encontrados por FHP (1988) e KZ (1997), Povel e Raith (2001) e Cleary, Povel e Raith (2005) argumentaram que a escolha de variáveis distintas capazes de representar restrição financeira pode conduzir a efeitos diferentes sobre o investimento da firma. A relação entre restrição financeira e sensibilidade do investimento ao fluxo caixa irá depender de qual medida é escolhida para classificar as firmas. Se elas forem classificadas utilizando-se medidas de assimetria de informação como *proxy* de restrição financeira e não estiverem em dificuldades financeiras, a sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa será elevada e mais acentuado será o papel das imperfeições de mercado. Por outro lado, se as medidas utilizadas apresentarem forte relação com o valor líquido da firma ou com os fundos internos, haverá um resultado inconclusivo na identificação da restrição financeira.

Com o objetivo de contribuir com a intensa discussão sobre restrição financeira nas decisões de investimento procurou-se identificar a presença de restrição financeira nas firmas brasileiras controlando por tamanho, intensidade de capital e grau tecnológico, além de incorporar incerteza nas variáveis fluxo de caixa e vendas. A incerteza é incorporada considerando que as variáveis fluxo de caixa e vendas seguem um movimento Browniano, definido como um processo estocástico de tempo contínuo. Na estimação dos resultados considerou-se um modelo de efeito fixo com variável instrumental e um modelo misto em que parte dos efeitos são fixos e a parte são aleatórios. Nesse sentido, este trabalho contribui para a escassa literatura brasileira sobre a discussão da restrição financeira nas decisões de investimento ao incorporar a presença da incerteza nas variáveis de decisão do investimento e a estimação considerando um modelo misto. Tanto o modelo misto quanto a incerteza como abordada nesse trabalho ainda não foram empregados na análise de investimentos em estudos das firmas brasileiras.

Este trabalho está organizado em seis seções, incluindo esta introdução. Na seção 2 apresenta uma breve revisão de literatura do investimento tendo como foco o papel da incerteza nas decisões de investimento. Na seção 3 apresentam-se o modelo e o banco de dados. Na seção 4 descreve-se a forma

como foi incorporada a incerteza Na seção cinco e seis analisa-se os principais resultados econômicos e apresentam-se as principais conclusões, respectivamente.

2. Incerteza nas Decisões de Investimento

A relação entre incerteza e decisões de investimentos tem atraído uma série de pesquisas recentes com dados de firmas. Renovado interesse no papel da incerteza tem-se originado da literatura de opções reais, cuja característica está relacionada à opção de realizar ou adiar o empreendimento de um projeto até que mais informações estejam disponíveis e possam ser avaliadas¹. A existência de uma opção proporciona-lhe um valor para esta opção de espera, a qual será maior para maiores níveis de incerteza, fazendo com que o investimento seja adiado para altos níveis de incerteza. No entanto, Abel (1983) obtém resultados em que elevados níveis de incerteza poderiam estar associados com maiores investimentos para um modelo no contexto de q de Tobin, em que o custo de ajustamento é considerado linear. Conciliando essas abordagens, Caballero (1991) mostra que os resultados dependem da natureza da função receita líquida e do formato do custo de ajustamento da firma. Para o autor, é a interação entre assimetria dos custos de ajustamento e a competição imperfeita que caracterizaria a configuração encontrada entre investimento e incerteza. Na presença de competição imperfeita, a relação entre investimento e incerteza seria negativa à medida que o grau de assimetria dos custos de ajustamento aumentasse. Por outro lado, na presença de custo de ajustamento simétrico a relação entre investimento e incerteza enfraquece e, eventualmente, apresenta-se negativa.

Analisando o comportamento do investimento em condições de irreversibilidade e incerteza na acumulação de capital, Abel e Eberly (1999) encontram resultados ambíguos do efeito de elevados níveis de incerteza sobre o nível de acumulação de capital da firma. Mesmo na presença de irreversibilidade de capital, uma firma poderia ter maiores ou menores níveis de estoque de capital esperado. Semelhante resultado é encontrado quando comparado com firmas em que o capital é totalmente reversível. Da mesma forma, um aumento da incerteza poderia aumentar ou diminuir o estoque de capital esperado das firmas sob irreversibilidade do capital ou das firmas com capital totalmente reversível. Bloom et al. (2001), estudando a dinâmica do investimento em condições de incerteza, obtém um resultado em que elevados níveis de incerteza estariam associados a baixo ajustamento do estoque de capital, em especial responderiam menos a choques de demanda sobre o investimento.

Além do papel da liquidez sobre as decisões de investimento, Boyle e Guthrie (2003) consideram o papel da incerteza, já que projetos de investimentos apresentam um valor futuro incerto e um custo de irreversibilidade. A idéia é que maiores saldos de caixa reduziriam o grau de restrição financeira da firma sobre investimentos presentes, mas também poderiam provocar menores riscos associados à espera, aumentando assim o custo de oportunidade do investimento corrente. Segundo os autores, enquanto o primeiro efeito estimula novos investimentos, o segundo age no sentido oposto. Como o risco associado à espera de se investir é maior para firmas com baixa disponibilidade de caixa, aumento no fluxo de caixa pode ter um efeito positivo maior sobre o investimento em empresas com maior liquidez.

A grande dificuldade de trabalhos empíricos que procuram analisar o comportamento do investimento da firma tem sido encontrar uma variável que possa representar o conceito de incerteza. O problema definido pela função objetivo da firma é essencialmente um problema relacionado à melhor escolha da seqüência de fluxos de caixa aleatórios. Nesse caso, o impacto da incerteza sobre as decisões de investimento da firma pode ocorrer em relação aos preços dos bens de capital, aos retornos esperados, à taxa de desconto e à demanda. De uma forma geral, uma firma irá aumentar seus investimentos em resposta à incerteza da demanda se elevados lucros forem esperados². Diversos autores têm fundamentado seus estudos em medidas de incerteza baseadas na volatilidade do retorno do mercado de ações. No entanto, críticas quanto à utilização desta variável apontam que ela poderia estar exposta a um excesso de

¹ Dixt e Pindyck (1994) é considerada uma excelente referência sobre decisões de investimento em condições de incerteza. Diversos outros trabalhos têm abordado a relação entre investimento e incerteza: Leland (1972), Hartman (1973), Driver e Moreton (1991), Hubbard (1994), Leahy e Whited (1996), Caballero e Pindyck (1996), Cabalero e Leahy (1996), entre outros.

² O grau em que uma firma irá elevar ou diminuir o aumento de capital em função de uma demanda futura incerta dependerá da disposição dos agentes em assumir riscos, ou seja, avesso ao risco, neutro ao risco e propenso ao risco.

volatilidade, principalmente porque os preços poderiam estar sujeitos a comportamentos irracionais, bolhas especulativas, boatos e outros fatos que não estariam relacionados aos fundamentos econômicos.

Investigando o efeito da incerteza sobre as decisões de firmas italianas, Guiso e Parigi (1999) encontraram que o impacto da incerteza pode apresentar resultados ambíguos dependendo das suposições feitas sobre a tecnologia de produção, competição no mercado de produtos, da forma de ajustamento de custos e do comportamento dos gestores da empresa. No entanto, o papel desempenhado pela irreversibilidade do capital nas decisões de investimentos das empresas mostra-se mais claro em um ambiente de incerteza. Nessa situação, irreversibilidade aumenta o valor da opção de espera relativo à incerteza e adia as decisões de investimentos, já que a irreversibilidade do investimento provoca um custo de oportunidade devido à presença de uma opção de investir no futuro. O custo de oportunidade aumenta com a incerteza e ocasiona uma redução do investimento presente.

A relação negativa entre incerteza e investimento é mais forte para firmas que apresentam uma reduzida elasticidade preço da demanda. Da mesma forma, quanto maior a incerteza percebida pelos agentes, menor a resposta derivada de aumentos na demanda futura. Por outro lado, o resultado da relação negativa entre investimento e incerteza não pode ser representado por restrições de liquidez, ou seja, quando medidas de racionamento de crédito são utilizadas para controlar o acesso ao crédito, o efeito da incerteza sobre o investimento é reduzido. No entanto, a resposta do investimento ao fluxo de caixa mostra-se maior para firmas com elevada irreversibilidade de capital. Apesar de as firmas com maior grau de irreversibilidade mostrarem maior dependência de recursos internos em suas decisões de investimentos, as diferenças no efeito da incerteza sobre os dois grupos de firmas - alto e baixo grau de irreversibilidade - não puderam ser explicadas pelo diferencial no acesso ao mercado de crédito.

A incerteza e a restrição financeiras têm sido alvos de muitas pesquisas devido ao fato de provocarem mudanças no comportamento das decisões de investimento. A variável fluxo de caixa torna-se de grande importância, pois é um indicador da existência de restrição financeira e, sendo derivada da demanda a qual a empresa não tem conhecimento, também embute elevado grau de incerteza.

Nesse sentido, para identificar a presença de restrição financeira nas decisões de investimento controlou-se a rentabilidade futura e as oportunidades futuras de investimento por tamanho, intensidade de capital e grau tecnológico. Já a incerteza é incorporada nas variáveis fluxo de caixa e vendas ao considerar que estas variáveis seguem processo estocástico contínuo e considerando um modelo misto em que se permite uma certa variabilidade das variáveis explicativas ao seus efeitos serem definidos como aleatórios.

Dentro deste contexto, a utilização de grandes amostras com longos períodos de tempo, juntamente com uma metodologia apropriada para considerar a incerteza nas decisões de investimento é de fundamental importância para se obter conclusões mais contundentes e robustas sobre os determinantes de investimentos da firma.

3. Dados e Modelo

A análise do comportamento do investimento considerando a incerteza é realizada a partir de uma amostra de 626 empresas brasileiras no período de 1997-2006. O banco de dados é proveniente da Gazeta Mercantil. Revista Exame- Maiores e Melhores - e foi obtido gentilmente pela Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras do Departamento de Contabilidade da Universidade de São Paulo (<http://www.fipecafi.com.br/exame/indica.asp>).

O modelo utilizado é uma versão do modelo de Acelerador, inicialmente proposto por Jorgenson (1963), e procura explicar as decisões de investimento em um ambiente de incerteza.

$$\left(\frac{I}{K_{t-1}}\right)_{jt} = \alpha_j + \omega + \beta_1 \left(\frac{I}{K_{t-1}}\right)_{jt-1} + \beta_2 \left(\frac{FC}{K_{t-1}}\right)_{jt} + \beta_3 \left(\frac{V}{K_{t-1}}\right)_{jt} + \beta_4 \left(\frac{D}{K_{t-1}}\right)_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (1)$$

onde, t é ano, j é a firma, I_{jt} é o investimento da firma, K_{jt-1} é o estoque de capital; α_j é o efeito específico de cada firma, ω_t é o efeito temporal, V_{jt} é a variável vendas, FC_{jt} é a variável fluxo de caixa, D_{jt} é a variável dívida e ε_n é o erro.

A divisão de todas as variáveis pelo estoque de capital proporciona que o investimento seja medido em taxa, enquanto as outras variáveis são representadas como variações em relação do estoque de capital. A escolha das variáveis foi feita considerando a ampla literatura já existente sobre a teoria do investimento e restrição financeira. Esses estudos assumem a existência de uma função de investimento amplamente conhecida, em que a heterogeneidade das firmas pode ser considerada pela inclusão de um efeito específico para cada firma e um efeito temporal.

A variável fluxo de caixa em proporção ao estoque de capital procura considerar o efeito de possíveis restrições de liquidez sobre o comportamento do investimento, embora possa representar também o potencial de rentabilidade futura. A introdução da variável dívida da empresa em proporção ao estoque de capital deve-se à idéia referente aos benefícios tributários da dívida e que uma maior alavancagem poderia elevar o valor da firma. Vários autores sustentam que o grau de alavancagem estaria positivamente relacionado a melhorias na eficiência operacional. A utilização dos valores defasados da variável dependente procura contemplar o aspecto dinâmico do comportamento investimento. A razão vendas sobre o estoque de capital procura considerar o papel da taxa de mudança esperada no nível de vendas ou nível de produção.

Modelos de dados em painel com efeito fixo ou aleatório têm sido utilizados para estimar os parâmetros quando se acrescenta uma variável não observada no modelo, α_j , para contemplar o efeito das variáveis que são específicas a cada firma e constantes no tempo. O efeito específico da firma pode absorver o comportamento peculiar no que se refere às suas características, como por exemplo, a capacidade gerencial. Já o componente temporal ω_t procura incorporar o efeito de todas as variáveis observadas e não observadas que não variam entre firmas, mas que variam entre anos.

Na utilização do modelo de efeitos aleatórios, admite-se a hipótese de não correlação entre o efeito específico da firma e os regressores, hipótese admitida no modelo de efeito fixo. Apesar do interesse em fazer inferência para a toda a população, em que a estrutura do modelo de efeito aleatório é mais apropriada, o estimador de efeito fixo pode ser preferido. A razão é que na presença de uma correlação entre o efeito específico da firma e as variáveis explicativas do modelo, a estimação por efeitos aleatórios conduzirá a estimadores inconsistentes para um período curto de tempo, mesmo que $N \rightarrow \infty$. Por outro lado, como é bem provável que o componente específico da firma esteja correlacionado com as variáveis explicativas, o modelo de efeito fixo torna-se o mais apropriado. A idéia subjacente à presença de correlação entre o efeito específico da firma e seus regressores deve-se ao fato de que características específicas das firmas, como capacidade gerencial, afetam de alguma forma a administração do capital próprio e a forma de alavancagem financeira, afetando assim as decisões de investimento.

Como combinar os efeitos fixos e aleatórios em um mesmo modelo parece mais apropriado, estimou-se também o modelo na expressão (1) pelo modelo misto, em que os efeitos podem ser considerados como fixo e aleatórios no mesmo modelo. Utilizando a notação de Lindstrom e Bates (1988) o modelo misto pode ser considerado como:

$$y_i = X_i\beta + Z_i b_i + \varepsilon_i, \quad (2)$$

onde y_i é o vetor de observação da variável dependente para a firma i , X_i é a matriz da variável independente considerada como fixa, β é o vetor de efeito fixo com dimensão $p \times 1$ (onde p é o número de parâmetros de efeito fixo), Z_i é a matriz de variável independente considerada como aleatória, b_i é o vetor de efeito aleatório com dimensão $q \times 1$ (onde q é o número de parâmetros de efeito aleatório), e ε_i é

o vetor de erros aleatórios. No modelo misto assumi-se que ambos, o erro e o efeito aleatório, possuem distribuição normal com média zero e não correlacionados, sendo $b_i \sim N(0, \sigma^2 D)$ e $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2 I)$ ³.

O estimador dos parâmetros dos efeitos considerados fixos e dos efeitos considerados aleatórios no modelo misto são dados por:

$$\begin{aligned} \hat{\beta} &= (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}y \\ \hat{b} &= \tilde{D}Z'V^{-1}(y - X\hat{\beta}) \end{aligned} \quad (3)$$

onde V é a matriz de covariância de y , $V = \text{var}(y) = I + Z\tilde{D}Z'$, e $\tilde{D} = \sigma^2 D$. Os componentes da variância σ^2 e D são estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita, e os parâmetros do modelo β e os componentes da variância são estimados usando o algoritmo Newton-Raphson.

O modelo misto permite que os efeitos específicos da firma e temporal sejam considerados como fixos, enquanto os parâmetros das variáveis explicativas são considerados como aleatórios. A possibilidade de que os efeitos específicos das firmas sejam tratados como fixos permite que tais efeitos possam estar correlacionados com as variáveis explicativas, tornando assim mais apropriado no presente estudo. Por outro lado, tratar os parâmetros das variáveis explicativas com aleatórios torna a estimação mais apropriado, já que se poderia acrescentar alguma variabilidade nos coeficientes estimados. Essa combinação proporcionada pelo modelo misto permite incorporar algum grau de incerteza na estimação das variáveis explicativas do investimento.

Nesse sentido, a utilização do modelo misto parece ser a mais apropriada, já que a heterogeneidade entre as firmas é tratada como fixa e as variáveis independentes observadas são tratadas como aleatórias.

Com o objetivo de considerar o problema de heterocedasticidade dos dados agrupou-se as firmas por três diferentes critérios, intensidade de capital, grau tecnológico e tamanho. A intensidade de capital foi definida pela relação capital/produto, dividindo o grupo entre baixa e alta intensidade de capital usando o ponto de corte proposto por Hsiao e Tahmiscioglu (1997), que é definido pelo coeficiente de liquidez contra os valores médios de intensidade de capital de cada firma. A figura 1 apresenta o gráfico de dispersão para diferenciar as firmas consideradas em baixa e alta intensidade de capital.

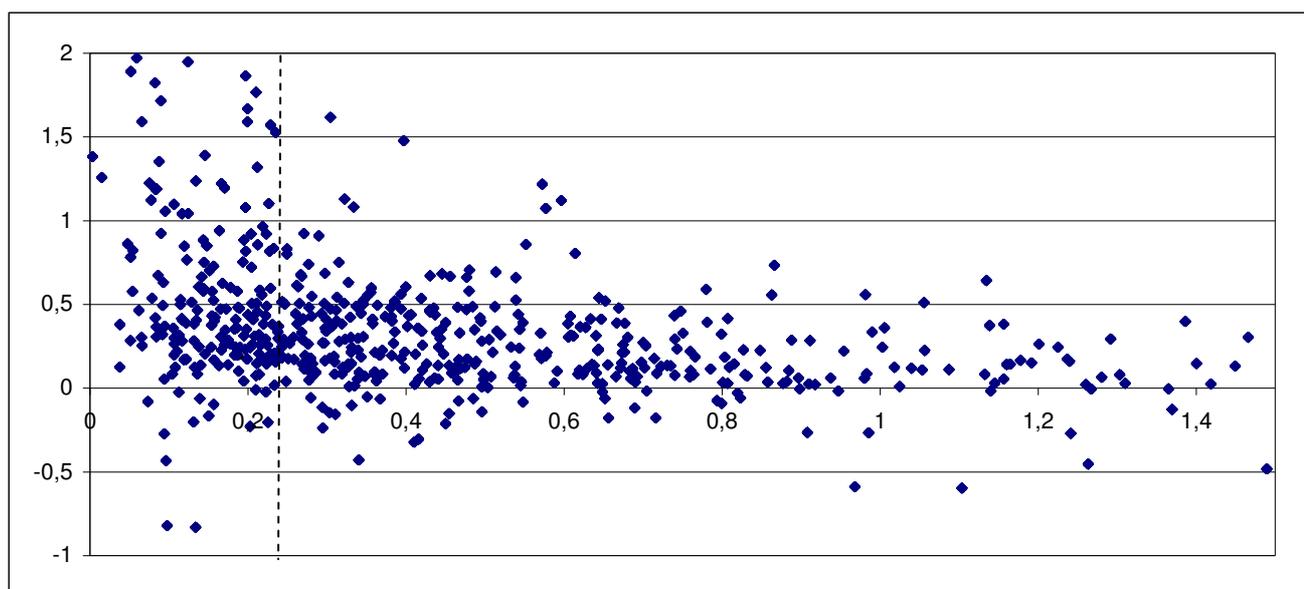


Figura 1 - Diagrama de Dispersão.

³ Para analisar os resultados do modelo de efeito fixo foi utilizado o pacote estatístico SAS na versão 9.2 com o procedimento *PROC MIXED*.

Pela inspeção visual do gráfico, adotou-se o ponto de corte de 0.25 para separar a firmas em dois grupos com comportamentos distintos⁴. O teste de Chow (1960) confirmou a hipótese de que o ponto de corte escolhido apresenta dois grupos distintos⁵.

4. Medida de Incerteza para as Variáveis de Interesse

Nesta seção procura-se tratar como a incerteza é incorporada no modelo de investimento proposto em (1), tendo como objetivo verificar a presença da incerteza nas decisões de investimento da firma. A incerteza nas decisões de investimento é incorporada nas variáveis vendas e fluxo de caixa considerando que tais variáveis seguem um Movimento *Browniano*, definido como um processo estocástico de tempo contínuo. Esse processo é composto por três importantes propriedades: primeiro, é um processo de *Markov*, ou seja, as informações passadas e outros tipos de informações não influenciam a estimativa futura do processo, sendo importante para esta previsão somente a informação atual; segundo, tem incrementos independentes, isto é, mudanças no processo são independentes das mudanças passadas; e por último, as mudanças nos processo possuem distribuição normal com uma variância que aumenta com o tempo.

Como proposto por Dixit e Pindyck (1994) não é razoável assumir que a variável vendas satisfaça a ultima propriedade, já que não teria sentido assumir valores negativos para a variável vendas, sendo assim coerente assumir que mudanças no logaritmo de vendas apresente uma distribuição normal.

Neste sentido, a suposição é de que as mudanças no logaritmo de vendas e as mudanças no fluxo de caixa seguem um Movimento *Browniano* com *drift*, ou seja, as variáveis podem ser definidas em termos do incremento do processo de *Wiener* dz , como a seguir:

$$d \log V = \mu dt + \sigma dz \quad (4)$$

$$dFC = \alpha dt + \theta dz \quad (5)$$

onde μ é a média e σ é o desvio padrão de $d \log V$, e são valores constantes representando respectivamente, a taxa esperada do retorno e a incerteza sobre o logaritmo das vendas futura, e α é a média e θ é o desvio padrão de dFC , cada um representando a taxa esperada do retorno e a incerteza do fluxo de caixa. O incremento de *Wiener* é definido como:

$$dz = \varepsilon_t \sqrt{dt} \quad (6)$$

onde o erro é uma normal padrão, não possui correlação serial, e dt é um intervalo de tempo.

Substituindo a equação (4) nas equações (2) e (3) pode-se simular a trajetória das variáveis V (vendas) e FC (fluxo de caixa) pelo algoritmo:

$$\begin{aligned} V(t) &= V(t-1) \exp(\mu dt + \sigma \varepsilon_t \sqrt{dt}) \\ \log V(t) &= \log V(t-1) + \mu dt + \sigma \varepsilon_t \sqrt{dt} \end{aligned} \quad (7)$$

$$FC(t) = FC(t-1) + \alpha dt + \theta \varepsilon_t \sqrt{dt} \quad (8)$$

Desta forma, o presente trabalho incorpora a incerteza para considerar presença de restrição financeira nas decisões de investimento através da simulação das variáveis vendas e fluxo de caixa usando o algoritmo (7) e (8).

⁴ Para uma melhor análise da inferência dos resultados, a amostra também foi dividida pelo ponto de corte igual a 0.20 e 0.30. Não foi verificada nenhuma alteração nos resultados.

⁵ O teste de Chow segue uma distribuição F com graus de liberdade $(k, n_1 + n_2 - k)$, tendo como resultado $F(6, 5622) = 90.09$ e $\text{Prob} > F = 0.0000$, rejeitando a hipótese nula de que os coeficientes sejam iguais para os dois grupos.

5. Análise Econômica

Nesta seção são analisados os principais resultados econômicos tendo como base a equação do investimento em (1) e os indicadores econômicos das firmas, agrupadas por tamanho, intensidade de capital e grau tecnológico. Os parâmetros são estimados considerando três modelos, de efeito fixo, de variável instrumental e modelo de misto. A tabela 1 apresenta os valores médios dos indicadores financeiros das firmas agrupadas por tamanho, intensidade de capital e grau tecnológico⁶.

Nota-se pela tabela 1 que as firmas classificadas em alta intensidade de capital as variáveis vendas, dívida, fluxo de caixa, capital de giro, lucro líquido e capital circulante líquido, todas como razão do estoque de capital, apresentam valores bem inferiores às firmas consideradas menos intensivas em capital. A variável lucro líquido em relação ao patrimônio líquido para as firmas menos intensivas em capital é mais de nove vezes maior que as firmas mais intensivas em capital. As firmas mais intensivas em capital, além de apresentarem um valor significativamente inferior da rentabilidade, apresentam também uma volatilidade substancialmente maior. Outra variável que também mostra uma maior necessidade de liquidez para as firmas mais intensivas em capital é a variável capital circulante líquido em relação ao estoque de capital. Isto indica que as firmas mais intensivas em capital apresentam menor disponibilidade de caixa e menor capital de giro que as firmas menos intensivas. Se o coeficiente do fluxo de caixa estiver sinalizando potencial de lucratividade futura espera-se que as firmas menos intensivas em capital apresentem maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa. Por outro lado, se o fluxo de caixa representar uma *proxy* para restrição financeira as firmas mais intensivas em capital apresentarão uma maior sensibilidade do investimento a fluxo de caixa.

Tabela 1 – Características financeiras das Firmas

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}	0.137	0.654	0.150	0.833	0.116	0.746	0.160	0.792	0.139	0.782	0.163	0.766
FC/K_{t-1}	0.610	1.098	0.252	0.645	0.307	0.812	0.407	0.855	0.353	0.771	0.417	0.954
V/K_{t-1}	12.306	32.653	2.518	2.183	4.987	9.745	6.219	22.938	6.146	22.905	4.934	5.772
D/K_{t-1}	0.940	2.420	0.674	1.039	0.668	1.243	0.808	1.810	0.786	1.831	0.702	1.025
$FIN/ATIVO$	0.334	1.236	1.187	3.828	1.001	3.028	0.854	3.330	0.922	3.603	0.851	2.040
FIN/PL	0.472	1.941	0.925	6.915	0.725	5.833	0.777	5.643	0.755	5.951	0.785	5.032
CCL/K_{t-1}	0.070	1.232	0.008	0.683	0.005	0.821	0.041	0.946	0.030	0.952	0.027	0.779
LL/PL	0.073	1.954	0.008	1.243	0.004	0.700	0.056	1.696	0.053	1.277	0.007	1.293
Nº de firmas	209	209	417	417	206	206	417	417	444	444	182	182

Para as firmas classificadas por tamanho a principal diferença ocorre para as variáveis de liquidez, como capital circulante líquido como razão do estoque de capital e lucro líquido dividido pelo patrimônio líquido. Embora os valores sejam baixos tanto para firmas médias como para as grandes, a diferença é significativamente maior para as firmas grandes.

⁶ A amostra contém apenas firmas de médio e grande porte.

Já para as firmas classificadas por grau tecnológico, a variável que merece destaque, apresentando a maior diferença, é o lucro líquido dividido pelo patrimônio líquido. As firmas de menor grau tecnológico apresentam uma rentabilidade de mais de sete vezes maior que as firmas de maior grau tecnológico. A baixa rentabilidade das firmas de maior grau tecnológico e a presença de maiores riscos em projetos de empresas que inovam mais associados a problemas de assimetria de informação pode indicar que tais firmas apresentem uma maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa e sejam consideradas mais restritas financeiramente.

A tabela 2 apresenta os resultados dos parâmetros estimados pela equação (1) para os modelos de Efeito Fixo, Variável Instrumental (IV) e Modelo Misto para os três grupos. A análise econômica é baseada nos resultados do último modelo de variável instrumental e misto por considerarem o problema de endogeneidade, que surge em função da presença da variável dependente defasada como explicativa. Esta correlação surge em função da transformação do modelo para eliminar os efeitos específico da firma e temporal e devido a presença de um período curto de tempo, mesmo que $N \rightarrow \infty$. Uma alternativa para contornar o possível problema de inconsistência dos parâmetros devido ao problema de endogeneidade ocorre através da utilização de variável instrumental para a variável endógena utilizada como explicativa.

Como proposto por Anderson e Hsiao (1982), foram consideradas como instrumento a variável $(I/K_{t-1})_{t-2}$ como instrumento para a variável considerada endógena $(I/K_{t-1})_{t-1}$. A utilização do instrumento no tempo $t-2$ parece mais apropriada já que evitaria a perda de mais um período de tempo.

Os parâmetros estimados dos modelos de efeito fixo, variável instrumental e modelo misto apresentados na tabela 2 incorporam a incerteza nas variáveis vendas e fluxo de caixa conforme descrito no item 4.

Considerando as firmas agrupadas por tamanho, os resultados apresentados na tabela 2 indicam que a variável vendas em relação ao estoque de capital (V/K_{t-1}) não é estatisticamente significativa para as firmas classificadas como médias para os três modelos estimados. No entanto, para as firmas classificadas como grandes o parâmetro mostrou-se estatisticamente significativo. O coeficiente da dívida em relação ao estoque de capital (D/K_{t-1}) mostrou-se significativo tanto para as grandes como para as médias firmas, indicando que alavancagem é uma variável importante no comportamento do investimento. Já a variável fluxo de caixa como razão do estoque de capital (FC/K_{t-1}) não é estatisticamente significativa para as firmas consideradas como médias. Isto indica que há diferenças estatisticamente significantes para o parâmetro do fluxo de caixa entre as firmas consideradas médias e grandes. No entanto, não se pode afirmar que as firmas consideradas grandes sejam mais restritas financeiramente que as médias, já que a variável fluxo de caixa pode estar sinalizando potencial de rentabilidade futura. Este argumento é baseado no fato de a rentabilidade das firmas maiores ser mais de oito vezes maior que as firmas médias como mostrado na tabela 1.

Quando se considera as firmas classificadas por intensidade de capital, o coeficiente da variável vendas sobre o estoque de capital mostrou-se significativo para ambos os tipos de firmas. Da mesma forma, a variável dívida em razão do estoque de capital apresentou-se significativa tanto para as firmas de maior como de menor intensidade de capital. O coeficiente do fluxo de caixa é estatisticamente significativo tanto para as firmas de baixa como de alta intensidade de capital. A proximidade dos valores dos coeficientes do fluxo de caixa para ambos os grupos poderia induzir a conclusão que tanto firmas com maior como com menor intensidade de capital fosse restritas de forma semelhante. No entanto, quando se considera que a rentabilidade das menos intensivas em capital é mais de nove vezes maior que as mais intensivas as firmas mais intensivas seriam consideradas como mais restritas financeiramente, apesar da rentabilidade considerada baixa para ambas os tipos de firmas.

Tabela 2 - Estimação dos parâmetros estimados pelo modelo do Efeito Fixo, Variável Instrumental e Modelo Misto.

Variáveis	Intensidade						Tamanho						Tecnologia					
	Baixa			Alta			Médio			Grande			Baixa			Alta		
	E.F	VI	Misto	E.F	VI	Misto	E.F	VI	Misto	E.F	VI	Misto	E.F	VI	Misto	E.F	VI	Misto
$(I/K_{t-1})_{t-1}$	-0.103*** (0.023)	-0.114*** (0.026)	-0.099*** (0.023)	-0.017 (0.013)	-0.046*** (0.017)	-0.006 (0.008)	-0.106*** (0.023)	-0.095*** (0.024)	-0.053** (0.022)	-0.040*** (0.020)	-0.091*** (0.018)	-0.021* (0.012)	-0.064*** (0.013)	-0.096*** (0.017)	-0.065*** (0.014)	-0.011 (0.023)	-0.044** (0.026)	0.078*** (0.023)
$(V/K_{t-1})_t$	0.011*** (0.001)	0.011*** (0.001)	0.0111*** (0.001)	0.091*** (0.005)	0.079*** (0.005)	0.091*** (0.005)	0.004 (0.003)	0.004 (0.003)	0.004 (0.002)	0.024*** (0.002)	0.021*** (0.002)	-0.005*** (0.001)	0.013*** (0.001)	0.011*** (0.001)	-0.005*** (0.011)	0.060*** (0.004)	0.051*** (0.005)	0.057*** (0.005)
$(FC/K_{t-1})_t$	0.047*** (0.011)	0.045*** (0.012)	0.0453*** (0.010)	0.052*** (0.079)	0.050*** (0.008)	0.051*** (0.007)	0.025 (0.023)	0.022 (0.024)	0.006 (0.011)	0.028*** (0.006)	0.032*** (0.006)	0.027*** (0.006)	0.017** (0.007)	0.018*** (0.007)	0.014** (0.007)	0.053*** (0.012)	0.063*** (0.013)	0.059*** (0.013)
$(D/K_{t-1})_t$	0.098*** (0.011)	0.103*** (0.013)	0.097*** (0.011)	0.192*** (0.015)	0.184*** (0.016)	0.192*** (0.015)	0.235*** (0.022)	0.225*** (0.023)	0.235*** (0.022)	0.164*** (0.010)	0.151*** (0.011)	0.109*** (0.011)	0.143*** (0.010)	0.141*** (0.011)	0.116*** (0.011)	0.272*** (0.021)	0.260*** (0.024)	0.257*** (0.023)
Nº de firmas	209	209	209	417	417	417	209	209	209	417	417	417	444	444	444	182	182	182
R^2	0.1374	0.1429	0.659	0.3234	0.3258	0.685	0.2318	0.2488	0.691	0.0937	0.1172	0.629	0.1200	0.1400	0.676	0.3397	0.3509	0.582
σ^2	0.521	0.513	0.288	0.178	0.185	0.366	0.182	0.198	0.410	0.641	0.586	0.366	0.422	0.410	0.390	0.352	0.323	0.319

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

^b Implementou-se também Método dos Momentos Generalizados (GMM), no entanto, como o teste de Sargam rejeitou os instrumentos, optou-se por não apresentar os resultados.

Já para as firmas classificadas por grau tecnológico, o parâmetro da variável vendas apresentou-se significativo para todas as firmas. Da mesma forma, o coeficiente da dívida também indica que esta variável é importante para explicar o comportamento investimento. No entanto, o valor do coeficiente das firmas de maior grau tecnológico apresentou-se substancialmente maior do que as firmas de menor grau tecnológico, indicando que as primeiras teriam maiores necessidades de financiamento externo. Já o coeficiente do fluxo de caixa mostrou-se estatisticamente significante tanto para as firmas classificadas em alto como em baixo grau tecnológico. O coeficiente do fluxo de caixa para os três modelos estimados mostrou-se consideravelmente maior para as firmas com alto grau tecnológico, indicando que estas firmas apresentam sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa maior que as firmas com menor grau tecnológico.

Com o objetivo de testar se os coeficientes do fluxo de caixa são estatisticamente distintos entre os grupos utilizou-se uma *dummy* de inclinação para o fluxo de caixa, tendo como hipótese nula a igualdade de seus coeficientes. Os resultados das estimações para os três modelos para as firmas classificadas por intensidade de capital e grau tecnológico são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Estimação dos Modelos de Efeito Fixo, Variável Instrumental e Misto com *dummies* de Inclinação.

Variáveis	Modelos		
	E.F	VI	Misto
$(I/K_{t-1})_{t-1}$	-0.062*** (0.012)	-0.094*** (0.014)	-0.088*** (0.012)
$(V/K_{t-1})_t$	0.017*** (0.001)	0.015*** (0.001)	-0.005*** (0.0009)
$(FC/K_{t-1})_t$	0.025*** (0.006)	0.029*** (0.006)	0.022*** (0.006)
$(D/K_{t-1})_t$	0.169*** (0.009)	0.161*** (0.010)	0.138*** (0.009)
$(FC/K_{t-1})_t$ <i>dummy</i> de interação - Intensidade Capital	0.015 (0.014)	0.010 (0.018)	0.042*** (0.013)
$(FC/K_{t-1})_t$ <i>dummy</i> de interação- Grau Tecnológico	0.039*** (0.014)	0.058*** (0.015)	0.089*** (0.013)
R^2	0.1371	0.1638	0.320
σ^2	0.459	0.426	0.385

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

Nota-se pela tabela 3 que o coeficiente do fluxo de caixa para as firmas mais intensivas é estatisticamente distinto das firmas menos intensivas em capital, refletindo assim um maior grau de restrição financeira para as primeiras. Semelhantemente, resultado apresentado na tabela 3 indica que os parâmetros do fluxo de caixa das firmas com maior grau tecnológico é estatisticamente distinto das firmas com menor grau tecnológico. Como o nível de rentabilidade das firmas consideradas de maior grau

tecnológico é mais de sete vezes menor que as firmas de menor nível tecnológico pode se considerar que as primeiras sejam mais restritas financeiramente.

6. Conclusões

Este trabalho procurou investigar a presença de restrição financeira nas decisões de investimento de firmas brasileiras considerando três modelos, efeito fixo, de variável instrumental e modelo misto. Nos três modelos incorporou-se a incerteza nas variáveis vendas e fluxo de caixa e classificando as firmas por intensidade de capital, grau tecnológico e tamanho. A incerteza foi incorporada considerando que as variáveis fluxo de caixa e vendas seguem um movimento Browniano, definido como um processo estocástico de tempo contínuo, além da possibilidade dos parâmetros serem tratados como aleatórios.

O principal resultado econômico indica que as firmas classificadas em mais intensivas em capital sofrem restrições de liquidez. O baixo índice de lucratividade dessas firmas indica que a variável fluxo de caixa não estaria sujeita a crítica de que poderia estar representando lucratividade futura. Este resultado atende às expectativas teóricas, 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 Schiantarelli e Devereux (1990), Hsiao e Tahmisciolglu (1997).

Por outro lado, o coeficiente do fluxo de caixa das firmas classificadas por tamanho, mostrou-se significativo somente para as firmas classificadas como grandes, indicando que as firmas menores não são restritas financeiramente. O fato das firmas maiores apresentarem uma sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa maior e uma rentabilidade substancialmente maior que as firmas menores impede afirmar qual grupo seria mais restrito financeiramente, já que nesse caso a variável fluxo de caixa poderia estar atuando como uma proxy para rentabilidade futura. Schiantarelli e Devereux (1990) argumentam que pode haver uma ambigüidade na classificação das firmas por tamanho, dado que tamanho pode estar inversamente relacionado a uma estrutura de propriedade mais concentrada, reduzindo assim o conflito de interesses entre gestores e acionistas. Esta consideração pode ser mais provável quando a amostra é composta por empresas de capital aberto.

No caso das firmas classificadas por tecnologia é evidente que as firmas com maior grau tecnológico apresentam uma maior sensibilidade do investimento ao fluxo de caixa e podem ser consideradas mais restritas. Esse fato é corroborado quando se verifica que as firmas com maior grau tecnológico apresentam uma rentabilidade substancialmente inferior às firmas de menor grau tecnológico, não estando sujeita a crítica que a variável liquidez represente potencial de rentabilidade futura. Como argumenta 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.

Referências

- Abel, A. B. (1983) “Optimal investment under Uncertainty”, *American Economic Review*, LXXIII, 228-233.
- Abel, A. B. and Eberly, C. J. (1994), “A Unified model of Investment under Uncertainty”, *American Economic Review*, 84, 1364-84.
- Abel, A. B. and Eberly, C. J. (1999), “The Effects of Uncertainty and Irreversibility on Capital Accumulation”, *Journal of Monetary Economics*, 44, 339-377.
- Bond, S.; Harhorff, D.; Reenenn, V. J. “Investment, R&D and Financial Constraints in Britain and Germany”. *The institute for Fiscal Studies, Working paper series n.w99/5, 1999*
- Bond, S.; Meghir, C. “Dynamic Investment Models and Firm’s Financial Policy”. *Review Of Economics Studies*, Vol. 61, p.197-222, 1994.
- Bloom, N., Bond, S.R. and Van Reenen, J. (2001), “The dynamics of investment under uncertainty”, *IFS Working Paper n°. W01/05*.
- Caballero, R. J. (1991) “On the Sign of the Investment –Uncertainty Relationship”, *American Economic Review*, LXXXI, 279-288.
- Carruth, A., Dicherson, A., and Henley, A. (2000) “What do we know about investment under uncertainty?”, *Journal of Economics Surveys*, 14, 119-153.
- Clark, J. M. “Business Acceleration and the law of Demand: A Technical Factor in Economic Cycles”. *The Journal of Political Economy*, 1917, vol. 25, p. 217-235, n. 3.
- Devereux, M.; Schiantarelli, F. “Investment, Financial Factor, and Cash Flow: Evidence from U.K Panel Data”. In hubbard, R.G. *Asymmetric Information, Corporate Finance, and Investment*. Chicago: Chicago University Press, 1990
- Dixt A.; Pindyck, R. *Investment under Uncertainty*. Princeton University Press (1994).
- Driver, C. and Moreton, D. (1991). “The influence of uncertainty on UK manufacturing investment”, *The Economic Journal*, 101, 1452-59.
- Driver, C.; Temple, P; Urga, G. (2007). “Contrasts between classes of assets in fixed in investment equations as a way of testing real option theory”, *10th International Conference on Panel Data*.
- Fazzari, S. M.; Hubbard, G.; PetersEn, B. “Financing constraints and corporate investment”. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1988, n.1, p. 141-95.
- Ghosal, V. and Loungani, P. (2000) “The differential impact of uncertainty on investment in small and large businesses”, *Review of Economics and Statistics*, 82, 338-343.

- Greene. W. *Econometric Analysis*. New Jersey: Prentice-Hall, 4th ed., 2000.
- Guiso, L. and Parigi, G. (1999). "Investment and demand uncertainty", *Quartely Journal of Economics*, 110, 185-227
- Himmelberg, C. P.; Petersen, B. C. "R&D and internal finance: A Panel Study of Small Firms in High - Tech Industries". *Review of Economics*, n. 76, p. 38-51, 1994.
- Hsiao, C.; Pesaran, H.; Tahmiscioglu, A. K. A. "A Bayes Estimation of Short-Run Coefficients in Dynamic Panel Data". Revised version of paper presented in *Seventh International Conference on Panel Data, Paris, June, 1997*.
- Hsiao, C.; Tahmiscioglu, A. K. "A panel anlysis of liquidity constraint and firm investment." *Journal. American Statistical Association*, 1997, v. 92, n. 438, p. 455-65.
- Jensen, M. C. e Meckling, W. H. "Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure". *Journal of Financial Economics*, 1976, Vol. 3, p. 305-360.
- Jorgenson, W.D. (1963). "Capital Theory and Investment Behavior". *The American Economic Review*, vol. 53, n. 2, 247-259.
- Kalatzis, A.E.G.; Azzoni, C.; Achcar, J.A. Uma Abordagem Bayesiana para Decisões de Investimentos. *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro, 2006, vol.26, n.2.
- Kalatzis, A. E. G.; Azzoni, C.; Achcar, J. A. Financial constraints and investment decisions: evidence from a highly unstable emerging economy. *Applied Economics*, 2008.
- Kaplan, S. & Zingales, L. "Do investment-cash flow sensitivities provide useful measures of financing constraints?" *Quarterly Journal of Economics*, 1997, v. 122, p. 169-215, n.1.
- Meyer, J., E. & Kuh. *The Investment Decision*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1957.
- Modigliani, F.; Miller, M. H. "The cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment". *The American Economic Review*, 1958, v. 48, p.162-97, n. 3
- Savignac, F. (2006). "The impact of financial constraints on innovation: evidence from French manufacturing firms". *MSE working paper*, no2006-42.
- Scherer, F.M. (1980). *Industrial Market Structure and Economic Performance*. Houghton Mifflin, New York.
- Schiantarelli, F. "Financial Constraints and Investment: Methodological Issues and International Evidence". *Oxford Review of Economics Policy*, 1996, vol. 12, p. 70-89.n. 3.

Tahmiscioglu, A. K. “Intertemporal Variation in Financial Constraints on Investment: A Time-Varying Parameter Approach Using Panel Data.” *Journal of American Statistical Association*, 2001, vol. 19, p.153-165, n. 2.

Wooldridge, J. M. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. USA:MIT Press, 2002

Temple, P., Urga, G., and Driver, C. (2001). “The Influence of Uncertainty on Investment in the UK: A Macro or Micro Phenomenon?”, *Scottish Journal of Political Economy* 48 (4): 361–382.